

1845年创刊 132位诺贝尔奖得主撰稿 从爱迪生到比尔·盖茨都喜欢阅读

《科学美国人》享誉全球的科普杂志

环球科学

SCIENTIFIC
AMERICAN

《科学美国人》
独家授权

2007·1 www.sciam.com.cn

宠物狗 攻克癌症 的关键



2006 年全球十大科学新闻

《科学美国人》2006 年全球科技领袖

330 万年 地球最古老的小孩

激励教育：钢丝上的舞蹈

隐身斗篷即将问世

下半身思考

锂电池要爆炸？

1 千克究竟有多重

“漂白”激光

ISSN 1673-5153



邮局订阅代号：**80-498**

定价：**12.00元** 港币：**25.00元** 美元：**4.5元**

SCIENTIFIC AMERICAN 国内统一刊号：CN11-5460/N 国际标准刊号：ISSN 1673-5153

SCIENTIFIC AMERICAN

同构思、同创新，未来生活同播种。

巴斯夫秉承创新推动公司价值的信念，始终高度重视科研的投入和发展。巴斯夫在全球聘用了约七千五百名科研人员，与世界各地的科研机构共同开展约一千一百个科研项目，以科研提升生活质量。巴斯夫一九九七年在
中国创立中德研究发展基金，过去七年已支持开展了约四十个重大科研项目，更为超过八百名大学生提供奖学金。
巴斯夫愿意一如既往，以新构思，新创意，与中国科研人员携手共创璀璨未来，为未来生活播种创新种子。

www.basf.com.cn

业务范围 农用产品与营养品 化学品 特性化学品 塑料 石油与天然气

 **BASF**
The Chemical Company

“我还觉得有许多值得看的科普书，我特别推荐的是 Scientific American (《科学美国人》)，Scientific American 现在逐期都有中文的翻译，你们去看看这个我觉得是非常有用的。”

——杨振宁



囊括2006年《环球科学》
全部精彩内容，
装帧精美，便于阅读收藏

每篇文章都是科学与智慧的淬炼，
每一期都是不容错过的精彩奉献

分享132位诺贝尔奖得主的科学理念，
汲取最优质的科学知识

定价：150元/套
(上下册各75元，可分册购买)

一份有价值的科学典藏

购买方式：

1. 到全国各地新华书店购买

2. 直接向杂志社邮购

邮局汇款（汇款时请在附言中注明您的姓名、通信地址、邮编和电话）

汇款地址：重庆市渝中区双钢路3号科协大厦1204

收款单位：环球科学杂志社 邮编：400013

3. 在网上购买

www.gotoread.com

www.itbook.com.cn

读者服务热线：023-63658888-16048

E-mail: advice@sciam.cn



P16 封面故事 COVER STORY

宠物狗 攻克癌症的关键

撰文/戴维·J·沃特斯 (David J. Waters)
凯瑟琳·怀尔达辛 (Kathleen Wildasin)



狗吸多了“二手烟”，也容易得鼻癌、肺癌；它也会受到脑瘤、胃癌的折磨。狗的癌症与人类的癌症如此相似，而且它们的生命更短暂，病征会更快表现出来。科学家正在研究这些不幸的小狗，借此寻找治疗和预防人类癌症的方法。



考古 Archeology

36 330万年 地球最古老的小孩

撰文/黄凯特 (Kate Wong)



她，虽然只有3岁，却是地球上最古老的小孩。当科学家发现她的骸骨化石时，她已经在海底沉睡了约330万年。这具迄今保存最完整的远古人类化石，透露的种种信息惊世骇俗，迫使古人类学家重新审视：我们的祖先如何与猿类分道扬镳，将动物的前爪转变成人类的双手？又如何告别爬行，直立起来走向新时代？

45 古人类研究的纷争往事

撰文/王道還

48 古人类学简史

科技趋势 Trends

24 《科学美国人》2006年全球科技领袖



锲而不舍的探索精神永远激励科学家不断创新。2006年，科技仍然引领着社会的进步。从机器人到隐形材料，过去只存在于科幻故事里的“异想天开”，在2006年开始变成现实。2006年全球科技领袖“出炉”，展现全世界各个领域科学家的伟大创新，追踪科学将幻想拉近生活的过程。

医学&健康 Medicine & Health

50 激励教育：钢丝上的舞蹈

撰文/罗伊·F·鲍迈斯特 (Roy F. Baumeister)



“你是最棒的！”多年来，教育学家一直告诉我们：激励是对孩子最好的教育方法。不过，心理学家的新观点，可能会颠覆这种理论。他们在试验中发现，自尊和暴力只在一线之间，自尊心过高的人，往往会出现暴力倾向。盲目鼓励和提高自尊心，无异于将孩子推向危险的悬崖。

EPSON
EXCEED YOUR VISION



你跑得快，我打得更快

R390/R270 照片打印机
极快速打印 **13秒** 精彩毕现！



世纪真彩照片墨，打印更快更精彩！

谁能将动人品质与惊人速度合二为一？爱普生R390/R270照片打印机做到了！它采用爱普生独创的Claria世纪真彩照片墨，色彩表现更加鲜活动人；超强的耐光耐臭氧特性，可使照片完美保存达200年以上。新一代智能墨滴变换技术，配合多脉冲技术和横纹减少技术，使打印速度有了飞跃性提升，黑白和彩色文档均达到了每分钟30页*，甚至比激光机还要快，打印一张高品质6寸照片也只需13秒*。当之无愧的照片打印机之王，爱普生R390/R270照片打印机！

*测试条件参见爱普生网站

爱普生(中国)有限公司 北京市东城区金宝街89号金宝大厦7层 邮编:100005 <http://www.epson.com.cn>

敬请光临以下爱普生映像馆，感受我们带给您的全新产品和应用方案：

北京爱普生映像馆	地址：北京市海淀区海淀大街3号鼎好电子大厦一层N1866号	电话：010-82696006 82696010
上海爱普生映像馆	地址：上海市肇嘉浜路1111号美罗城百脑汇一层X128号	电话：021-64273707
广州爱普生映像馆	地址：广州市天河区天河路598号 百脑汇一层1A24号、1A26号	电话：020-87511200
成都爱普生映像馆	地址：成都市磨子桥新南路118号百脑汇电脑城一层C01号	电话：028-85484277 85484177
沈阳爱普生映像馆	地址：沈阳市和平区三好街90甲5号百脑汇资讯广场一层C15号	电话：024-83992267 83992843



EPSON STYLUS PHOTO R270
商务照片打印机



EPSON STYLUS PHOTO R390
智能照片打印机

活的色彩

优墨科技



54 神经语言 老鼠胡须下的秘密

撰文/米格尔·A·L·尼科莱利斯 (Miguel A. L. Nicolelis)
西达他·里贝罗 (Sidarta Ribeiro)

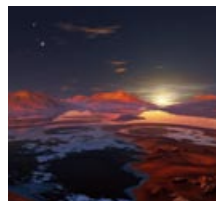


漆黑的夜晚，仓皇逃命的老鼠飞快地钻进了墙洞。而它用来判断洞口大小的，竟然是自己的胡须，如此精细的触觉令人类望尘莫及：老鼠只须用胡须一扫，振动就通知胡须下的一群神经元，迅速编码神经语言，通知大脑作出反应。发现老鼠胡须的秘密，科学家要编译“神经语言”，制造出有真实感觉的机器人。

天文 Astronomy

62 火星水世界

撰文/吉姆·贝尔 (Jim Bell)

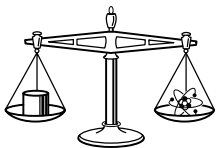


火星上的地形地貌似乎在暗示它曾经享有一段温暖而潮湿的过去。科学家想知道，如果火星曾经拥有江河湖海，那么它是如何演变成今天这样干旱寒冷的不毛之地？火星的今天，会不会成为地球的明天？怀揣着这样的忧虑，他们开始又一次火星寻水之旅。

计量学 Metrology

70 1千克究竟有多重

撰文/伊恩·罗宾逊 (Ian Robinson)

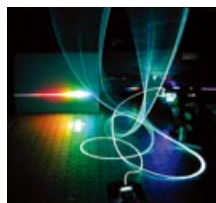


1千克究竟有多重？全世界还在依靠1块100多年前制造的金属来回答这个问题。每隔40年，就要以此为标准，校正世界各国的千克标准，层层辗转校正，直至街头巷尾的天平都能测出标准的1千克。现代科技早已厌倦了这样繁复又不精确的过程，科学家们决定用自然界恒定不变的性质来定义千克。

光子学 Photonics

78 “漂白”激光

撰文/罗伯特·R·阿尔法诺 (Robert R. Alfano)



白色似乎是生活中最寻常的颜色，却成为激光一直无法企及的梦想。白光其实最为复杂，集万千色彩于一身，是各种色光的叠加。一个意外的实验结果，让科学家终于找到了“漂白”激光的方法。新诞生的白色激光不是各种单色激光的简单相加，它超越了传统激光，将在更新更广阔的领域大展身手。

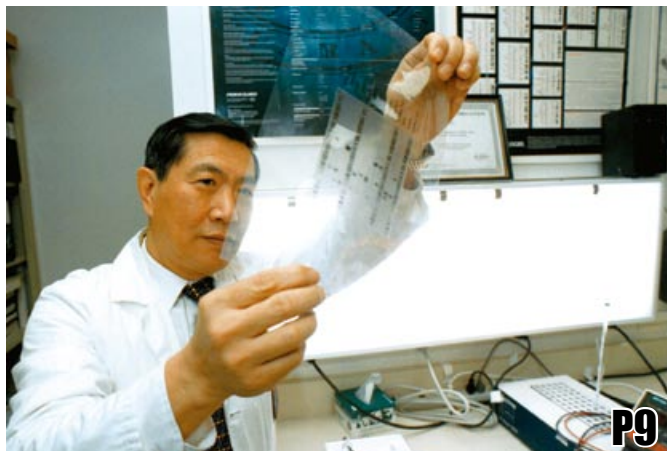
技术解剖 Working Knowledge

86 锂电池要爆炸？

撰文/马克·菲谢蒂 (Mark Fischetti)

频频发生的笔记本电脑爆炸事件，是2006年留给我们最深刻的印象之一。虽然时过境迁，但锂电池仍然让用户心有余悸，似乎锂电池变成了定时炸弹，到底是什么原因让锂电池频频爆炸？如何才能预防？

前沿扫描 News Scan



P9

- 07 《环球科学》
- 2006年十大科学新闻
- 09 DNA时代的犯罪株连
- 10 隐身斗篷即将问世
- 11 地震波监测核试验
- 12 朝鲜核试验的哑弹疑云
- 13 拜甲虫为师
- 13 地球轨道影响物种更替
- 14 Bt杀虫剂无毒
- 15 光与物质的信息交流
- 15 新型止血剂
- 15 得而复失的金星卫星



P13

专栏 Column

怀疑论者 Skeptic

88 为了上帝打保龄

撰文/迈克尔·舍默 (Michael Shermer)

宗教信仰不仅是一些人心灵的寄托，还有一些附加作用：比如提供机会和场所，让你扩大社交圈子，找到一起逛街、一起打保龄的朋友。不过，别奢望宗教信仰能让社会风气有多大改善，实际上，“慈悲”的宗教对此无能为力。

反重力思考 Anti Gravity

89 下半身思考

撰文/史蒂夫·米尔斯基 (Steve Mirsky)

专家解答 Ask the Experts

- 90 为什么麦克风靠近扬声器就会“尖叫”
- 90 为什么全球变暖是二氧化碳的错

经典回眸 50,100&150 Years Ago

91 现代环境◎飞行用途◎非洲见闻

EPSON
EXCEED YOUR VISION

你跳得快，我打得更快

R390/R270 照片打印机
极快速打印，**13秒**精彩毕现！



世纪真彩照片墨，打印更快更精彩！

谁能将动人品质与惊人速度合二为一？爱普生R390/R270照片打印机做到了！它采用爱普生独创的Claria世纪真彩照片墨，色彩表现更加鲜活动人。超强的耐光耐臭氧特性，可使照片完美保存达200年以上。新一代智能墨滴变换技术，配合多脉冲技术和横纹减少技术，使打印速度有了飞跃性提升。黑白和彩色文档均达到了每分钟30页*，甚至比激光机还要快。打印一张高品质6寸照片也只需13秒*。当之无愧的照片打印机之王，爱普生R390/R270照片打印机！

*测试条件参见爱普生网站

爱普生(中国)有限公司 北京市东城区金宝街89号金宝大厦7层 邮编:100005 <http://www.epson.com.cn>
敬请光临以下爱普生映像馆，感受我们带给您的全新产品和应用方案：

北京爱普生映像馆	地址:北京市海淀区海淀大街3号鼎好电子大厦一层N1866号	电话:010-82696006 82696010
上海爱普生映像馆	地址:上海市静安区南京路1111号美罗城百脑汇一层X126号	电话:021-64273707
广州爱普生映像馆	地址:广州市天河区天河路598号 百脑汇一层1A24号、1A26号	电话:020-87511200
成都爱普生映像馆	地址:成都市磨子桥新南路118号百脑汇电脑城一层C01号	电话:028-85484277 85484177
沈阳爱普生映像馆	地址:沈阳市和平区三好街90甲5号百脑汇资讯广场一层C15号	电话:024-83992267 83992843



EPSON STYLUS PHOTO R270
商务照片打印机



EPSON STYLUS PHOTO R390
智能照片打印机

活的色彩

优墨快印



我国综合国力迅猛发展,科技
进步面临新的机遇和挑战。如何为
国家强盛、民族振兴培养和造就大
批科技创新人才已成为全社会关注
的热点。为此,要加强青少年的科
技教育,也要提高全民的科学素养。
追踪国际上各个学科的前沿研究领
域和推动不同学科之间的横向交流
对之有重要意义。《环球科学》杂
志装帧精美、图文并茂,以通俗的
语言全方位地介绍各个学科领域的
最新研究进展,为促进学科之间的
交流和全民科学素养的提高做了一
件好事,值此创刊发行一周年之际,
特表祝贺。相信它会赢得越来越多
读者的欢迎。

国际心理科学联盟副主席
北京师范大学心理系教授

张厚粲

环球科学 SCIENTIFIC AMERICAN

《环球科学》杂志·月刊 1845年创刊的全球品牌 《科学美国人》独家授权

顾问Consultant

周光召

(以下按姓氏笔画)艾国祥 李国杰 张玉台
张厚粲 赵忠贤 钟南山 姚期智 欧阳自远
焦洪波

2006年12月5日出版 总第12期

主管Authorities in Charge

中国科学技术协会

China Association For Science and Technology

主办Sponsor

中国科技报研究会CSSSTP

社长/主编Editor-in-chief

陈宗周Chen Zongzhou

副社长/副主编Senior Editor

李永明Li Yongming/李林Li Lin

王寿全Wang Shouquan

执行副主编Executive Subeditor

郭涛Guo Tao

编辑出版Publication

环球科学杂志社

GLOBAL SCIENCE MAGAZINES

社址Address: 北京清华大学同方大厦B楼503室

电话Tel: 010-62770266

重庆运营中心Chongqing Operation Center

重庆市渝中区双钢路3号科协大厦1204

读者热线Tel: 023-63658888-16034

编辑部EDITORIAL DEPARTMENT

编辑Editor

董继平Dong Jiping/褚波Chu Bo/

崔月婷Cui Yueting/虞骏Yu Jun

美术编辑Art Editor

陈松涛Chen Songtao

电话Tel: 023-63658852 / 010-62770266

E-mail: letter@sciam.cn

艺术指导Art Director

华戈文化Hugo-Culture

网站总监Web Director

栾璞Luan Pu

网址Website: <http://www.sciam.com.cn>

读者服务Reader Service Department

关莉Guan Li

服务热线Tel: 023-63658888-16048

E-mail: advice@sciam.cn

广告ADVERTISING DEPARTMENT

广告总代理Advertising General Agent

电脑报经营有限责任公司

China Popular Computer Week Management Co. Ltd

广告总监Advertising Director

陈海鹰Chen Haiying

广告热线Tel: 023-63658997 010-62780435

传真FAX: 023-63658888-13088

广告信箱E-mail: adv@sciam.cn

发行CIRCULATION DEPARTMENT

发行总经销Chief Distributor

电脑报经营有限责任公司

China Popular Computer Week Management Co. Ltd

发行总监Director Manager

赵晓岚Zhao Xiaolan /吴永强Wu Yongqiang

发行热线Tel: 023-63658756

传真FAX: 023-63658769

印刷: 重庆建新印务有限责任公司

如发现本刊缺页、装订错误和损坏等质量问题,请在当月与本刊读者服务部联系调换(请将坏书寄回)。

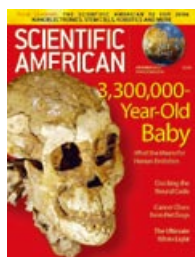
2006年1月创刊·每月5日出版

国际标准刊号: ISSN 1673-5153

国内统一刊号: CN11-5480/N

邮局订阅代号: 80-498

《环球科学》杂志,内容系科学美国人杂志社独家授权。版权属科学美国人杂志社、环球科学杂志社和重庆电脑报经营公司,未经书面许可,本刊任何部分均不得以机械、拍照、电子或录音形式翻印,也不允许存储于检索系统,或通过转载及其他复制方式提供给公众或私人使用。



SCIENTIFIC AMERICAN®
Established 1845

Editor in Chief: John Rennie

Editors: Mark Alpert, Steven Ashley, Graham P. Collins, Steve Mirsky, George Musser, Christine Soares

NEWS Editor: Philip M. Yam

Contributing Editors: Mark Fischetti, Marguerite Holloway, Philip E. Ross, Michael Shermer, Sarah Simpson

Art Director: Edward Bell

Vice President and Publisher: Bruce Brandfon

Chairman Emeritus: John J. Hanley

Chairman: John Sargent

President and Chief Executive Officer: Gretchen G. Teichgraber

Vice President and Managing Director, International: Dean Sanderson

Vice President: Frances Newburg

"SCIENTIFIC AMERICAN" is a registered trade name owned by SCIENTIFIC AMERICAN, Inc., New York; it is used under license by PCW.

环球科学 SCIENTIFIC AMERICAN
《科学美国人》独家授权
传播科学的力量

《环球科学》

2006 年十大科学新闻

Global Science Top 10

■ 全球变暖被确认 气候问题再成焦点

2006 年 5 月 12 日,《科学》杂志发表题为《气候变化:毫无疑问,世界正在变暖》的文章,分析了美国气候变化科学项目组公布的报告。该报告对僵持已久的全球气候变化问题进行了研究,以确凿的数据证明:全球气候正在变暖。这种变暖不仅发生在大气层表面,而且贯穿到大气层底层,变暖的方式与温室气体模型预测的方式相同。这份报告的出炉,为 35 年来争议不断的全球变暖问题提供了明确证据,也使全球变暖成为 2006 年最热的科学话题。

■ 冥王星降级 太阳系只剩八大行星



2006 年 8 月 24 日,国际天文学联合会第 26 届大会通过行星决议,冥王星降级。尽管九大行星的观念早已深入

人心,但冥王星一直与其他八颗行星格格不入。近年来,太阳系边疆发现了更多天体,其中一部分天体的大小直逼冥王星,原有观念已无法表达对太阳系结构的最新认识,行星的定义也亟待明确。在这样的背景下,国际天文学联合会通过了行星定义的决议,并在各界引发强烈反响。尽管科学界仍然争议不断,但一个新的太阳系形象已经呈现在公众面前。

■ 黄禹锡造假事件被公布

2006 年 1 月 10 日,韩国首尔大学公布了黄禹锡造假事件的调查结果,确认黄禹锡在国际权威杂志《科学》上

发表的两篇论文确属编造数据。作为国际克隆领域的先驱者之一,黄禹锡声称,自己已经成功培养出 11 个与患者基因吻合的胚胎干细胞,这无疑是治疗性克隆领域的一大进展。但在他 2005 年发表的论文中,包括 DNA 指纹分析、畸胎瘤和胚胎照片、组合适合性以及血型分析在内的数据,均属编造。1 月 11 日,韩国政府宣布取消黄禹锡“最高科学家”称号,免去他担任的一切公职。黄禹锡造假事件震动全球科学界,把科学家的学术道德问题推向公众关注的焦点,为全球学术界敲响了警钟。



■ 第一个癌症疫苗面市



2006 年 6 月 8 日,美国食品和药物管理局 (FDA) 批准宫颈癌疫苗“加德西”在美国上市,这是人类研制成功的第一种癌症疫苗。这种

疫苗由美国默沙东公司研发,适用于 9 岁至 26 岁的女性,主要针对 6 型、11 型、16 型和 18 型人乳头状瘤病毒 (HPV)。

宫颈癌疫苗面市，是人类在癌症防治方面取得的一个重大进步。

■ 庞加莱猜想得到证明

2006年8月22日，国际数学家大会宣布，庞加莱猜想已经得到证明。庞加莱猜想由法国数学家庞加莱在1904年提出：在一个三维空间中，假如每一条封闭的曲线都能收缩到一点，那么这个空间在拓扑学上一定等价于一个三维圆球。经过几代人的努力，这个困扰了人类百年的世纪难题终于得到证明。俄罗斯数学家格里高利·佩雷尔曼因为对这一猜想的证明贡献突出，荣获数学界的诺贝尔奖——菲尔茨奖，中国数学家朱熹平和曹怀东也因为参与证明过程，受到极大关注。

■ 人造膀胱首次移植成功



2006年4月15日，美国波士顿儿童医院的科学家宣布，他们在实验室中成功培育出膀胱，并顺利移植到7名患者体内。由于

用来移植的膀胱由接受移植者的体内细胞培育产生，所以移植后不会发生免疫排斥。这是世界上首次将实验室培育出的完整器官成功移植入患者体内，这次组织工程领域的重大突破，为此后其他器官的培育研究奠定了基础，也让无数苦苦等待器官移植的患者看到希望。

■ 基因组测序廉价化

2006年，美国科学家乔治·M·邱奇利用自己开发的基因组测序技术，将基因组测序的费用从2,000万美元降低到了14万美元。邱奇的技术是以碱基（DNA的基本组成单位）的物理性质差别为基础，他将这种物理差别转换成可检测的物理信号，从而进行测序。目前，基因组研究的重点开始转向疾病的起源以及作用机制，邱奇的测序技术无疑为后续研究奠定了基础。随着基因组测序价格的急剧下降，基因组测序将进入家庭，使个性化医疗成为可能。

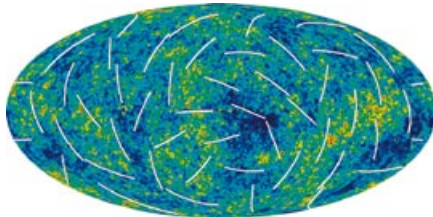
■ 发现34亿年前最古老生命化石

2006年6月8日，科学家在澳大利亚西部发现了一个形状怪异的土堆，土堆由古老微生物在34亿年前构建，很

可能是地球最古老生命的化石。这些土堆由无机沉积物、矿物质、水和细菌排出的二氧化碳混合在一起，被这些微生物的黏液“黏合”，经过数万年的沉降和分离，一层一层地构建出来，这正是早期生命的证据。土堆的发现不仅证明生物多样性的出现时间比生物学家以前所认为的要早得多，也为如何寻找地外生命提供了新的思路。



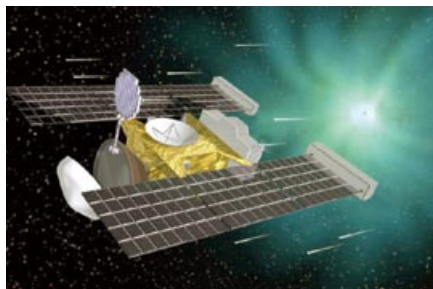
■ 证实宇宙暴涨



2006年3月16日，美国宇航局公布WMAP探测器3年的观测数据，证实宇宙发生过暴涨。

暴涨是指大爆炸之初宇宙经历的爆发性疯涨过程。暴涨模型成功地解释了许多已知观测现象，但却从未真正做出过“预言”。WMAP通过对微波背景辐射偏振所做的测量，首次验证了暴涨模型提出的预言。15年前，COBE探测器对微波背景的观测为大爆炸提供了证据，该成果获得2006年度诺贝尔物理学奖；现在，WMAP则为大爆炸最初时刻的暴涨提供了证据，让人类对宇宙的认识上了一个新台阶。

■ 首次取得彗星尘样



2006年1月15日，美国宇航局“星尘号”探测器返航，将从彗星上采集的尘埃颗粒成功送回地球。科

学家对这些尘埃进行研究后发现，尘埃中包含从极热环境中生成的矿物，证明来自太阳系最寒冷地带的彗星，形成过程比科学家的预期要复杂得多。另一项重要发现是，这些尘埃富含有机物质，还包含了两类全新的有机物，为地球上的生命原材料来自于彗星这一假说提供了有利证据。首次从彗星上采回的尘埃样本，不仅为彗星的形成，也为生命的起源提供了新线索。

法证科学

DNA时代的犯罪株连

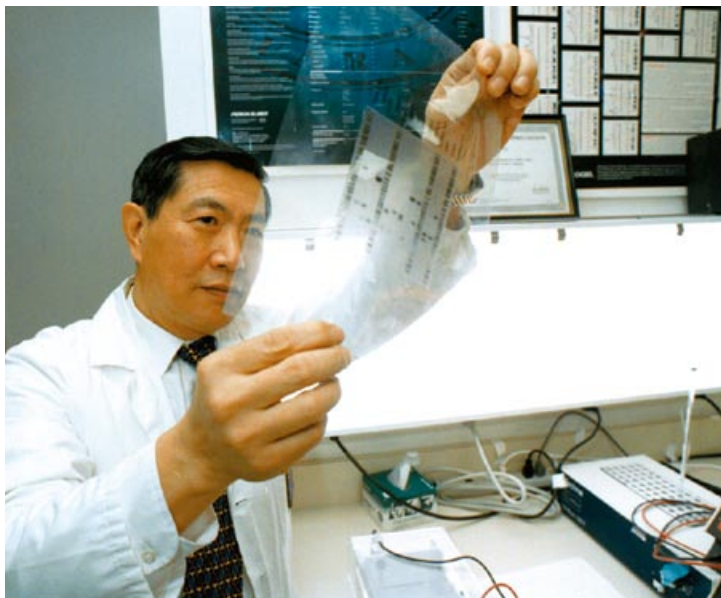
放宽法证DNA检测标准，将罪犯的亲戚也牵连进来，究竟利大于弊还是弊大于利？

撰文/萨莉·莱尔曼 (Sally Lehrman)

如果一个美国人有兄弟姐妹或者其他近亲曾被关在监狱中超过一年，他也会被当成有可能实施犯罪的嫌疑人，成为调查人员怀疑的对象。美国联邦调查局(FBI)最近开放了重刑犯和少数其他罪犯的法证DNA数据库，允许联邦各州分享这些信息。虽然数据库中的数据不一定能和犯罪现场找到的血液、精液或其他证据完全吻合，但却有可能因为足够的相似性，而将嫌疑锁定到与某名罪犯有血缘关系的家人身上。批评家们担心，这种“局部匹配”侵犯了个人隐私，同时也过分扩大了嫌疑对象的范围。

1990年，美国联邦调查局建立了“联合DNA检索系统”(Combined DNA Index System, 缩写为CODIS)，帮助调查人员在已被定罪的性暴力和其他暴力犯罪者之中，寻找DNA与未破案件中的证据相吻合的犯罪嫌疑人。数年间，CODIS的DNA数据范围被迅速扩大，许多其他类型的重罪犯、未成年犯和一些轻罪犯也被收录进来。在美国，有五个州允许从被捕的犯罪嫌疑人身上采集DNA，而联邦政府则可以从那些被捕的嫌疑人和被羁留的非美国公民身上取得生物样本。依据染色体上13处个体差异明显的部位(即基因座，locus)上的DNA片断，美国各地的执法机关已经建立了超过360万份DNA档案。

如果鉴定实验室发现，犯罪现场找到的DNA与数据库中的某份DNA档案极为相似，足以说明两者具有血缘关系——也就是说，每个基因座上的两条基因片断(即等位基因)至少有一条相互吻合，在找不到其他线索的情况下，根据一项新的过渡计划，州政府可以在得到联邦调查局授权之后公开DNA比对信息。



依靠DNA打击犯罪：美国康涅狄格州杰出的法证鉴定科学家李昌钰(Henry C. Lee,)正在进行DNA比对。DNA比对在现代执法过程中至关重要。放宽DNA匹配的鉴定标准，会将更多的人，尤其是罪犯的家人，置于警方的嫌疑范围之内。

2006年6月2日出版的《科学》杂志刊载了一篇文章，简单阐述了在数据库中模糊搜索犯罪嫌疑人的强大威力，该项过渡计划就是在这样的背景下出台的。这篇文章的作者估计，即使只有5%的罪犯有亲戚的DNA档案被储存在CODIS里面，通过DNA比对能够找到破案线索的案件数量也会增加数千起之多。他们强调，根据美国司法部的一项调查，46%的囚犯都有亲戚被关在大牢里面。这篇文章的第一作者，美国哈佛大学的医学遗传学家弗雷德里克·比伯(Frederick Bieber)指出：“我们不敢贸然断言到底是遗传基因、社会环境、经济状况、身份地位，还是执法行为导致了这一结果，不过从某种程度上说，原因并不重要。”

比伯指出，如果把这张法网撒得更开，执法部门的行动就可以更加迅速，甚至有可能阻止尚未实施的犯罪。可是批评家也指出，把基因监控的范围从罪犯个人扩大到他们的家人，其实是一把双刃剑——既能帮助逮捕更多的罪犯，同时也侵犯了个人隐私和人身自由。美国

DNA匹配鉴定

大多数法证DNA分析的检验对象都是DNA的短重复序列，也就是所谓的“短串联重复序列”(short tandem repeats, 缩写为STR)，而检验的位置则是染色体上的13个部位，即基因座——在不同人的体内，这里的基因一般会迥然不同。每个人都有两套等位基因，一套来自父亲，另一套来自母亲。在犯罪现场采集的DNA样本会在美国联邦调查局的DNA数据库里进行比对，寻找这些个体差异明显的基因座中，是否存在相互吻合的STR。如果所有13个基因座上的全部等位基因都相同，就算找到了一个匹配对象。

有时候，由于证据存在问题，犯罪鉴定实验室必须在10个基因座上进行DNA分析。为了从联邦数据库中找到“局部匹配”的DNA数据，或者说，找到犯罪嫌疑人的家庭线索，调查人员必须从每个基因座中至少找到一个相互吻合的等位基因。美国马萨诸塞州和纽约州允许调查人员从仅仅4个等位基因中寻找家庭线索及其他线索，这种做法有可能将更多的人牵连到案件调查之中。

公民自由联盟 (American Civil Liberties Union) 的科学顾问塔尼亚·西蒙切利 (Tania Simoncelli) 就反对这种做法: “我们不应该将那些无辜的人无缘无故地牵扯进来。”

在新法律的允许下, CODIS 数据库日益扩大, 越来越多的人仅仅因为被逮捕、被拘禁、或者被判轻罪, DNA 就被收录其中。家庭株连式的搜索能否提供确凿的破案线索? 美国普林斯顿大学的社会学家布鲁斯·韦斯顿 (Bruce Western) 提出了质疑。他解释道, 与重罪犯相比, 在逮捕、被拘和被判轻罪的人中, 非洲裔和拉丁裔年轻人受到了特别“关照”, 他们所占的比例被过分夸大了, 而家庭株连式的 DNA 比对会进一步放大这些种族差异。根据对美国加利福尼亚州最大的几个县的一项调查, 有半数重罪指控后来都被撤消了。

虽然家庭成员确实有共同犯罪的倾向, 但以此作为家庭株连式搜索的依据未免有些草率。以此类推, 调查人员甚至可以依据其他一些犯罪社会模式, 从别的 DNA 档案类别中搜寻线索——比如从教育程度低下的 16 ~ 24 岁男子的

DNA 数据库中搜寻犯罪嫌疑人, 或者从受害者亲属的 DNA 数据库中寻找暴力犯罪案件的线索——这些做法显然是不可取的。家庭株连式的 DNA 比对的合理性, 建立在如下假设之上——犯罪倾向是不可更改的遗传特性, 韦斯顿指出, 在犯罪学研究中, 这一观点仍然颇受争议。

美国加利福尼亚大学欧文分校的犯罪学家威廉·汤普森 (William Thompson) 担心: “对于这项技术, 我们有点急功近利了。”他希望政府能够开放这个数据库, 允许独立研究机构对它进行详细审查和统计分析。他尤其关注数据库中存在的虚假检验结果, 以及实验室检测工作中出现的低级错误 (比如证据的交叉污染和样品的混淆等)。

此外, 通过 DNA 比对找到唯一匹配的统计概率, 以及对数据库中人员构成比例的假设, 最近也遭到了质疑。美国亚利桑那州比对了已经在档的重罪犯基因, 结果在犯罪者中找到了 20 组“匹配”对象——在 10 个基因座上, 两者的两条等位基因都相互吻合。但是现有统计算法所作的预测是, 我们只能从中

找到 3 组匹配对象。多出来的匹配对象可能是亲戚关系, 也可能全无关联, 完全只是巧合。

比伯引述了两起倍受关注的案件, 调查人员在破案过程中使用了株连比对技术, 将犯罪嫌疑对象的范围缩小到某人的兄弟或者叔伯身上。但是, 只有匹配对象共同拥有的等位基因非常独特, 或者两者极为相似的情况下, 这种方法才行之有效。因此比伯建议, 将这套血缘分析系统和有利的等位基因匹配概率, 应用到 9·11 事件遇难者身上, 为事件中痛失亲人的家庭寻找遗骨。CODIS 软件系统目前还无法进行如此精细的搜索, 但是比伯预测, 一旦调查人员见识到这套系统的潜力, 并且建立起一套明确的、必须满足的匹配标准, 那么 CODIS 系统的升级肯定势在必行。

(译 / 王雯雯 校 / 虞骏)

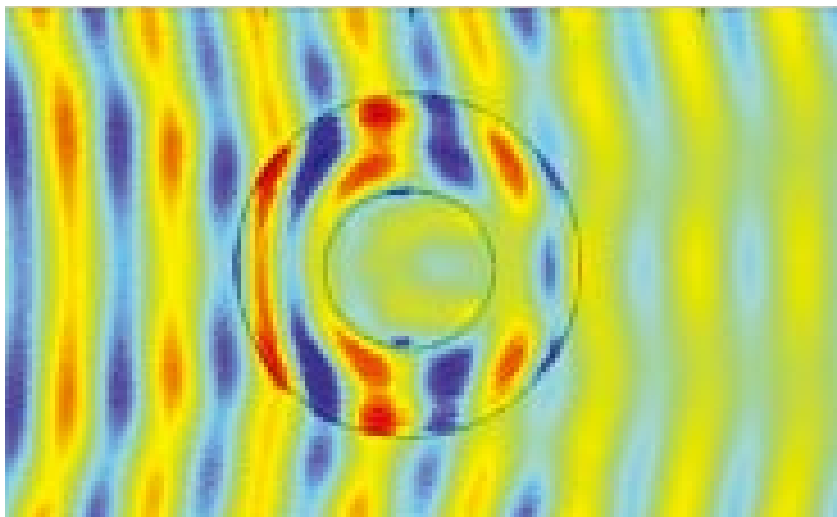
环球科学小词典

基因座是染色体上的固定部位, 编码在相同基因座上的 DNA 被称为等位基因。一些基因座上的等位基因具有明显的个体差异, 因此它们就像指纹一样可以确定一个人的身份。

物理学

隐身斗篷即将问世

撰文/JR·明克尔 (JR. Minkel)



■隐身: 圆环形的斗篷材料吸收了直射的微波 (蓝色), 只反射出暗弱的光线 (红色), 并使产生的投影最少。

在研究人员提出隐身斗篷的可行性技术构想仅仅几个月后, 他们就展示了这种斗篷的雏形。这件隐身斗篷由包裹在玻璃纤维内的金属和线缆组成, 可使光线以古怪的方式传播。美国杜克大学的戴维·舒里希 (David Schurig)、戴维·史密斯 (David Smith) 及其同事, 共同设计了这种所谓“超材料” (metamaterial) 中的同心环部件, 让微波辐射沿最内圈弯曲, 就像水绕开石块继续流动一样。与通常情况相比, 这种新型圆环吸收或反射的微波更少。舒里希在 2006 年 11 月 10 日的《科学》杂志上评价他们的原型验证方案时说: “我们已经减少了物体产生的反光和影子, 彻底消灭反光和影子正是隐身斗篷必须具备的重要特点。”研究人员说, 实际制作并且运用这项技术比预期要容易些, 但近期不要期待哈里·波特 (Harry Potter) 的隐身斗篷会成功面世。

(译 / 张博 校 / 虞骏)

朝鲜核试验之一

地震波监测核试验

朝鲜核试验证明，任何地下核试验都很难做到神不知鬼不觉。

撰文/莎拉·辛普森 (Sarah Simpson)

2006年10月9日，世界各地的地震检波器都监测到了朝鲜东北一次4.2级的震动。全世界平均每天都会发生20次以上、强度超过4.2级的地震，如果不是朝鲜宣称要进行地下核试验的话，这次震动也许并不会立刻引起地震学家们的注意。

虽然还不能完全确定这次爆炸的性质和强度，但地震学家们暗示，这更像是一次失败的核爆。更为重要的是，通过这次核试验，地震学家们证明，只要清楚地了解某一区域的地质状况，传感器就能精确地将很小规模的爆炸与普通地震区别开来。

爆炸产生的混合震波与地震波有显

在那些地质应力已经聚集于地壳之中、更容易发生地震的地区，这种情况更为普遍。

地质条件还可以造成另一种影响。吴大铭解释说，爆炸产生的纵波在遇到地质断层或从沉积层传播至坚硬的岩石层时，可以转化为横波。而地震中产生的正常强度的横波，在穿越地壳向远处传播的过程中，也会被诸如火山灰或局部熔化的岩石等地质物质削弱，甚至完全阻挡。当纵波和横波被地震检波器检测到时，它们产生的原因可能已经像它们的强度一样，很难辨别了。因此，观测人员必须综合不同震波传播路径上的多个地震台采集到的数据。美国哥伦比亚

表明，只要能全面获得距震中几百千米范围内的某一地震台的记录数据，那么一台地震检波器就能辨别出产生震波的原因。理查兹说，在朝鲜进行核试验之前，这种假说“不过是个推测，不过现在我们有了直接的例证”。

然而，利用地震检波器确定核弹当量要更困难一些。核爆炸当量以“千吨”来计量，即核爆炸释放的能量相当于多少千吨的TNT炸药爆炸。由于地质条件不同，同样的爆炸产生的震波强度可能相差10倍以上。在前苏联位于中亚的核试验场，4.2级震动对应于大约0.5千吨当量。而在美国西部内华达州以前的核试验场，由于那里遍布着能够迅速削弱震波的地质断层，同样的4.2级震动却对应于大约2.2千吨当量。

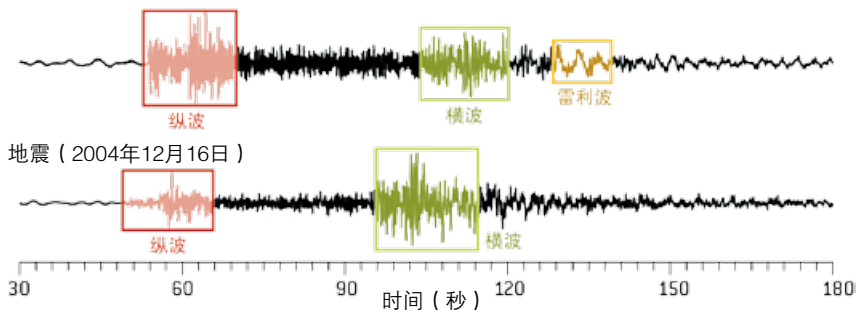
即便如此，理查兹仍旧确信，此次朝鲜核试验的当量低于1千吨，因为地质学家已经了解朝鲜大部分地区的地质结构——那里的地下主要分布着诸如花岗岩片麻岩之类的坚硬岩石，而它们很容易传播震波。

对伊朗的核监测则是另外一种情况。理查兹指出，伊朗位于地壳构造活跃地区，就像美国西部一样，震波不像在朝鲜一样能够有效传播。而且中东地区地震发生的频率高于朝鲜半岛，区分这些信号也就困难得多。

冷战时期，苏联在中亚进行了366次地下核试验中，美国漏掉了其中的26次。没有监测到这些地下核试验主要原因是，是那些爆炸的当量都低于1千吨，只可能被附近的地震台监测到。这样的漏检似乎不会在今天重现，因为大规模地震检波器网络一直在监测敏感地区的地震。另外，“全面禁止核试验条约组织”(Comprehensive Nuclear Test Ban Treaty Organization)还在世界各地运作着至少170座地震台。这些措施可以保证，任何地区试图进行不被察觉的核试验都是不可能的。

(译/王栋 校/虞骏)

朝鲜宣称的核爆炸(2006年10月9日)



爆炸VS地震：不论是纵波（产生推拉运动）还是横波（产生左右摇晃），核爆炸产生的震波信号强度，都与典型的地震信号有所区别。

著不同。爆炸会产生一个瞬间压力脉冲，向四面八方传播。由此产生的推拉式纵波(P波)会最先触地震检波器的记录针，因此在典型的震动图上，最开始会记录下一系列剧烈振荡的尖峰和深谷，最后归于平静。

相反，典型的地震记录最开始只有非常微弱的纵波振荡，几秒或几分钟后，会出现一组逐渐增强的混乱曲线，它们代表着传播速度较慢的横波(S波)。地震中这种“左右摇摆”的能量是由地质断层沿断面相对滑动而产生的。

当然，实际情况并不是这么简单。爆炸本身确实不能产生横波，但地下爆炸可以使周围的岩石扭曲变形，进而释放出与地震类似的能量。美国宾汉顿大学的吴大铭教授(Francis T. Wu)指出，

亚大学拉蒙特-多赫蒂地质观测所的保罗·G·理查兹(Paul G. Richards)说：“要想弄清事实真相，你还必须对各个地震台测得的同一震源的观测记录有所了解。”

为了证实朝鲜声称的核试验，许多专家查询了中国牡丹江市一个地震台的观测记录。它位于此次震中东北约330千米处，在“全球地震网”的128个地震台中，那里的传感器捕捉到了最清晰的震波信号。在把10月9日的那场爆炸和其他几次发生在附近的爆炸震波记录，与当地类似强度的地震记录进行对比之后，理查兹和拉蒙特地质观测所的地震学家金沅永(Won-Young Kim，音译)发现，牡丹江地震台记录下来的两类震动事件有着显著不同。他们的分析结果

环球科学小词典

地震和地下爆炸都会产生地震波，地震波主要分为两大类：P波和S波。P波是一种纵波，粒子振动方向与波的前进方向平行。S波的粒子振动方向垂直于波的前进方向，是一种横波。正常情况下，地下爆炸只能产生P波，但许多地质过程会将P波转换为S波，从而使地震和地下核爆炸产生的震波之间的区别变得模糊。

朝鲜核试验的哑弹疑云

朝鲜核试验的爆炸当量偏低，是什么让核弹哑火？

撰文/格雷厄姆·P·柯林斯 (Graham P. Collins)

2006年10月9日，朝鲜宣布进行了核试验。这条突发新闻传出后不久，专家们就意识到，相较于其他国家的第一次核试验而言，这次爆炸的规模要小得多。一般来说，第一次核试验的当量为5到20千吨不等。例如，美国1945年进行的“Trinity”核试验，当量就略低于20千吨。然而外界对这次朝鲜核试验当量的估计却普遍集中在0.5千吨左右。据报道，朝鲜官员曾透露，他们预期核爆炸的当量为4千吨。

立即就有评论员猜测，这次爆炸并非核爆炸。不过地震波信号表明，爆炸是突然发生的，让这么大量的常规炸药以如此迅猛的方式爆炸，这本身就是一个极困难的技术挑战。无论如何，爆炸两天后收集到的空气样品证实，此次爆炸确为核爆炸。依据之一就是探测到了放射性氙同位素的存在，这种惰性气体在核爆炸时由原子分裂产生，即使在地下核试验时也非常容易泄漏出来。

很显然，朝鲜进行了一次不太成功的核试验。未能取得成功的确切原因，则取决于核试验所使用的核装料。朝鲜核试验极有可能与美国“Trinity”核试验和长崎原子弹相似，采用了钚装料，而不像广岛原子弹那样使用了铀装料。朝鲜有很多钚，但没有迹象表明它能分离出大量纯度达到武器级的铀。

造成钚弹“哑火”的原因有好几种。第一种取决于触发钚弹的内爆过程。要想完全成功，内爆必须非常对称。一般情况下，快速和慢速爆炸的常规炸药会混合装填在钚球（也被称为“钚核”或“钚芯”）的周围。在加工装配这个炸药壳的各个部件时，工程师必须十分仔细，使它们同时引爆时能产生精确的内聚式球形冲击波，将钚的密度压缩到正常密度的2~5倍（压缩得越狠，爆炸的当量就越大）。在密度较高的情况下，钚的质量从次临界状

态转变成超临界状态，从而引发自持链式反应，产生爆炸。

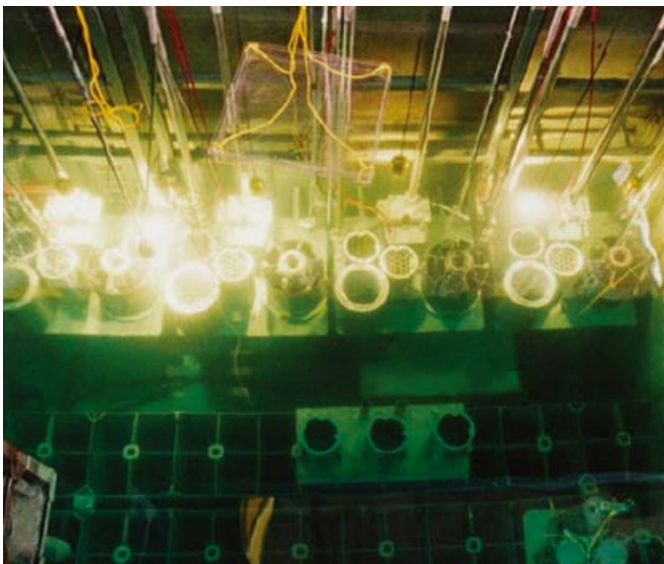
如果冲击波未能完全对称，比如一块炸药的爆炸时间晚了100纳秒（1纳秒等于十亿分之一秒），压缩的效果就会大打折扣，因为钚核往往会在冲击波较弱或者到达时间较迟的方向上“突围”而出。哪怕压缩只是稍有延迟，仍能使钚变成明显的超临界状态，但是内核也可能会迅速变形分裂，使链式反应过早终止。

造成哑弹的另一个可能的原因就是，钚装料中存在着污染物钚240，它的比例超过了1%。核反应堆的燃料棒能够产生可用于核武器的同位素——钚239，但是它在反应堆中呆的时间越长，钚240的含量就越高。钚240不断释放出中子，每秒钟释放的中子数是钚239的几万倍。尽管中子是产生核链式反应的关键粒子，但在内爆早期出现过多的中子，会导致钚核在未被完全压缩前就发生爆炸，导致实际当量偏小。

2006年10月9日在朝鲜花台郡附近进行的核试验到底出了什么问题，可能只有朝鲜的科学家们知道事实真相。无论如何，爆炸技术上的缺陷并不会明显改变朝鲜核试验所带来的政治冲击。（译/耿小兵 校/虞璇）

核弹装料的可能来源

也许早在1989年，朝鲜就已拥有足够的钚来制造核武器。当时朝鲜将宁边的研究用核反应堆关闭了几个月，在此期间可能将燃料棒移走，用以提取并回收其中的钚。1994年，美国克林顿政府与朝鲜签署了《朝美核框架协议》，中止了钚的回收处理，并制定了就地监测制度。尽管朝鲜在1998年前后启动了一个项目，用来提纯用于核武器的铀，但多数专家认为，直到2002年《朝美核框架协议》破裂，朝鲜重启宁边核燃料棒活动之后，才生产出了新的钚燃料。



■朝鲜宁边核电站中用过的核燃料棒，可能提供了朝鲜核试验所需的钚239。

材料科学

拜甲虫为师

科学家从一种沙漠甲虫身上获得灵感，设计出一种功能强大的表面材料。

撰文/马克·菲谢蒂 (Mark Fischetti)

非洲的 *Stenocara* 甲虫生活在炎热的纳米比沙漠 (Namib Desert)，它可以利用自己的翅膀捕获干燥空气中的水蒸气分子，把它们聚集成小液滴，滚入口中——这个本领让它小有名气。现在，美国麻省理工学院的两位教授已经设计出一种材料，能够模仿甲虫的这种本领。这一成果还将带来一系列人们期盼已久的、能够人工控制液体凝结的产品。

化学工程师罗伯特·E·科恩 (Robert E. Cohen) 和材料科学家迈克尔·F·鲁布纳 (Michael F. Rubner) 在一层聚合物薄膜上植入了一排排硅纳米颗粒，并在薄膜的表面涂上了一层高度疏水的氟化物。然后，他们把酸性分子附着到纳米颗粒上，形成一排排强烈亲水的结点，看起来就像是飞机场跑道两侧排列着的指示灯一样。这样一来，

水蒸气分子就会从疏水的跑道上逃离，而在亲水的结点上凝结。当小液滴逐渐增大时，它们就会融合在一起，沿着笔直的通道奔向薄膜的边缘，最后被收集起来。

仅此一项功能，就可以催生出一大批应用。经过如此处理的帆布可以悬挂在沙漠地区，把湿气导入收集容器中，从而提供饮用水。这种材料还可以用来收集露水。所有的衣服经过类似处理之后，都会拥有极强的防污能力。鲁布纳说：“我们用这种方法处理了一件实验外套，然后把热咖啡泼在上面，结果咖啡一下子就从衣服上流走了。”

还有更复杂的产品有望问世。研究人员正试图在结点里加入某些成分，比如能够中和化学或生物毒素的物质，使它具有军事防化服那样抵御生化袭击的功能，再比如某些能够杀灭细菌的药物，使它具有自动消毒功能。能够在门诊室中快速完成医学检测的微型生物芯



■科学家从 *Stenocara* 甲虫身上得到灵感，设计出一种人造表面。在这种表面上，水蒸气小液滴会避开强烈疏水的区域，在强烈亲水的结点处凝结；在结点中加入某些化合物，还能使它具备抵消毒素或杀灭细菌的能力。



片也在他们的考虑范畴。鲁布纳解释说：“我们正在考虑一大批能够检测 DNA 或病毒、能够迅速诊断多种疾病的化学制剂。”

人们还可以生产出更好的防雾镀膜。如果极小的水蒸气液滴不能结合在一起并迅速流掉的话，护目镜、挡风玻璃，甚至医疗内窥镜的表面都会被雾气所笼罩。鲁布纳说：“事实上，我们已经接到一位漆弹游戏 (paintball) 爱好者的电话，说他想要一副更好的防护面罩，这样就算是战况激烈，面罩也不会因为急促呼出的热气而结雾了。”

不过，实验室中的这种材料想要成为实用产品，仍须克服重重挑战。在显微镜下，疏水的部分如同一条山脉，上面密布着许多山峰，峰顶被氟化物覆盖。遭到排斥的水蒸气分子滚过山峰，被山谷里的气体支撑着。鲁布纳指出：“这些充满空气的表面其实并不特别坚硬。”如果使劲摩擦，这些表面结构就会遭到破坏。他和科恩正在尝试使用玻璃纳米材料制造“山顶”，这样制成的表面结构将更为耐用。设计可被清洗的表面则是另一项挑战。如果污垢或有害的物质聚集在“山谷”里，清洗就成了一大难题：磨砂清洁剂会破坏这种涂层，而液体清洁剂只会流过表面，无法清除污垢。鲁布纳承认：“在现实世界中，任何清洁剂在这些表面上都无技可施。”

(译/波特 校/虞骏)

环球科学小词典

漆弹游戏：一种模拟实战游戏，参与者使用能够发射漆弹的压缩气枪相互攻击，成功消灭对手（即用漆弹击中对方）则取得游戏胜利。漆弹虽然不具杀伤力，但游戏者仍须配备专用的防护面罩，以防止漆弹击中眼睛造成失明。

生物灭绝

地球轨道影响物种更替

撰文/戴维·别洛 (David Biello)

根据化石记录，哺乳动物似乎并不能持续生存很长时间——每个物种平均的生存时间为 250 万年。在研究了时间跨度超过 2,200 万年的啮齿动物牙齿化石之后，荷兰乌得勒支大学的扬·范达姆 (Jan van Dam) 及其同事发现，啮齿

动物物种的出现和消亡，与地球轨道的变化密切相关。地球轨道在椭圆和圆形之间循环变化，地球自转轴的倾斜角也在周期变化，在两者的共同作用下，地球上就会出现这样的时期：在地球围绕太阳旋转的过程中，行星的自转轴倾斜角很少。在这种情况下，地球上就不再有四季，气候变化也较小。范达姆说：“这些气候变化也许会破坏啮齿动物的栖息地，或者为新一类啮齿动物的出现提供机会。”这些发现公布在 2006 年 10 月 12 日的《自然》杂志上。

(译/李柯 校/虞骏)

Bt杀虫剂无毒？

已经使用了半个世纪的Bt杀虫剂，或许并不是真正的昆虫杀手。

撰文/戴维·别洛 (David Biello)

尼科勒·布罗德里克 (Nichole Broderick) 曾经以为自己很了解 Bt 毒素的作用原理。毕竟，这种由苏云金杆菌 (*Bacillus thuringiensis*) 制造的毒素早在 1911 年之前就被发现，并且自 20 世纪 50 年代起，就作为有机杀虫剂广泛采用。科学家们甚至已经用基因工程方法，改造成多种能够制造这种杀虫剂的转基因作物。按照当时公认的模式，Bt 毒素会使昆虫的消化道穿孔。这些孔要么能让细菌感染昆虫的血液，也就是所谓的血淋巴 (hemolymph)，要么就会使昆虫消化受阻而饥饿至死。

因此，当这位美国威斯康星大学麦迪逊分校的研究生开始试验，把这种杀虫剂喂给已经用抗生素清除了其他消化道细菌的舞毒蛾 (*gypsy moth*) 毛虫时，她预期这种毒素将变得更加致命。她回忆说：“一开始，我想检验这样一个假设：消化道细菌会保护舞毒蛾毛虫免受 Bt 毒素的侵害。结果我却发现，一旦没有了这些消化道细菌群落，Bt 毒素就再也杀不死毛虫了。”

莫非 Bt 毒素本身并不是一种杀虫剂？这一观点有可能颠覆近一个世纪的正统信条。因此，布罗德里克又重复了若干次试验，并且向威斯康星大学的微生物生态学家约·汉德尔斯曼 (Jo Handelsman) 和昆虫学家肯·拉法 (Ken Raffa) 求教。但是在用多种昆虫进行了多次试验之后，研究者们仍然得出了相同的结果：在舞毒蛾毛虫胃部的细菌群落寄生正常时，Bt 毒素的作用最为显著。

过去数十年来，对 Bt 毒素的研究都着眼于它发挥作用的最初步骤。美国田纳西大学诺克斯维尔分校的昆虫学家胡安·朱拉-芬特斯 (Juan Jurat-Fuentes) 评论说：“在毒素使消化道穿孔，使细胞凋亡之后，到底发生了什么？昆虫是否有复原迹象？其他的细菌是否

‘接管’了杀虫任务？还没有人真正对此有所研究。”威斯康星大学的研究人员将消化道细菌逐一重新引进毛虫的胃中，并重复这项试验，最后发现肠杆菌 NAB3 是 Bt 毒素最为致命的搭档。接下来的试验表明，这种细菌在血淋巴中生长旺盛，苏云金杆菌则迅速消亡。进一步的试验证明，经过基因改造、能够产生 Bt 毒素的大肠埃希菌 (*Escherichia coli*) 同样能够有效地杀死毛虫，不过当这种细菌死亡之后，就算它们仍然带有 Bt 毒素，也无法再杀死毛虫。

拉法强调说，这些结果或许能够解释 Bt 杀虫剂变化不定的杀虫效力。举例来说，以柳树为食的舞毒蛾就对毒素有抵抗力。有人曾提出，柳树植物体中所含的丹宁酸 (tannin) 也许会黏附在 Bt 蛋白上，从而清除这种毒素。不过拉法怀疑，柳树可能含有一些其他的化合物，影响了肠杆菌的生长，因为肠杆菌才是真正的杀手。他指出：“这一结果的重要性在于，我们可以对一些早期的发现作出全新的诠释。”这一结果也许还有助于解释玉米害虫草地贪夜蛾 (*Spodoptera frugiperda*) 之谜——也就是我们常说的

秋天行军虫 (fall armyworm)：Bt 毒素能够在它们的消化道里钻孔，但是却无法杀死它。朱拉-芬特斯说：“人们当时无法解释为什么毒素能够黏附钻孔，却无法杀死这些昆虫。”

苏云金杆菌本身也相当神秘：人们至今仍然不明白，为什么这种细菌耗费巨大的能量来制造这些毒素，这对它自身并没有明显的好处。能够制造 Bt 毒素的转基因作物在全球大面积播种已经将近十年，至少 50 万平方英里 (大约 130 万平方千米) 的农田种植了这种作物，然而与其他杀虫剂不同的是，至今还几乎没有一种害虫对 Bt 毒素显露出免疫力。美国亚利桑那大学的昆虫学家布鲁斯·塔巴什尼可 (Bruce Tabashnik) 评述说：“只有一种昆虫——小菜蛾 (*diamondback moth*) 进化出了耐药性。”

虽然这项研究显示，Bt 毒素需要与消化道细菌合作才能发挥作用，方法大概是制造败血症 (septicemia)，但确切的致命机制仍是个谜。解决这个谜题有助于抑制 Bt 毒素抗药性的产生，也有助于提高这种毒素的效力。至少，该研究让我们对农作物害虫有了一个全新的理解。塔巴什尼可评论说：“我们越来越清楚地看到，不能简单地把昆虫看作一个单一的物种，还必须同时看到与之共生的生物群落，以及这些群落对昆虫与环境间相互作用的影响。

(译/王雯雯校/虞骏)



剧毒微生物：苏云金杆菌制造的Bt毒素被广泛用作杀虫剂，但是这种毒素究竟为何致命仍是个谜。

物理学

光与物质的信息交流

撰文/JR·明克尔 (JR. Minkel)

物理学家最近将储存在一束光里的信息,传递给了一团原子,而且没有破坏敏感的量子态——这项技术对未来的量子计算机和量子加密系统尤为关键。通过将一束强激光照射到一团铯原子上,丹麦尼尔斯·玻尔研究所的尤金·波尔齐克 (Eugene Polzik) 及其同事先让激光和原子相互纠缠,使它们的量子态保持互补。

然后,第二束弱激光脉冲携带着准备被传输的信息,混合到第一束强光之中,它们混合之后的振幅和相位经过了精心设计。利用这束混合光,这些研究人员改变了铯原子团的量子态,使它与弱激光脉冲相匹配。这些科学家在2006年10月5日的《自然》杂志中报告说,量子态确实可以在光与原子之间有效传递。

(译/李柯校/虞骏)

应用生物学

新型止血剂

撰文/JR·明克尔 (JR. Minkel)

大量不同的产品可以用于战场和常规外科手术的止血,但這些产品都有缺点,例如有可能造成高热、血块凝结和过敏反应等。现在,一种新型蛋白已经在动物试验中取得成功,能够在短短数秒内止血,而且作用持久,没有毒性。美国麻省理工学院和中国香港大学的研究人员开发出一种药水,其中含有一种短小的蛋白质片段,可以修复仓鼠 (hamster) 的受损视神经,抑止小鼠的脑出血和其他伤口的出血。这种药水明显可以在伤口上形成一层纤维网,以阻止出血,不过具体作用原理还不清楚。这种药水似乎不会形成血液凝块,研究小组在2006年10月10日的《纳米医药》网站上公布了这项成果。

(译/李柯校/虞骏)



■新型蛋白药水可以在几秒钟内止血

简讯

一种生活在昆虫体内的细菌拥有已知最小的染色体,仅包含16万个碱基对,最多组成182个基因。它也许反映了一种正在建造中的细胞器官。

——《科学》,2006年10月13日

科学家长期以来一直认为,食肉类恐龙虚形龙 (Coelophysis bauri) 是一种同类相食的物种,因为在它们的胃里发现过同类恐龙的骨头化石。但是重新分析表明,这些骨头可能是死后才混在一起的。

——《生物书简》网络版,2006年9月19日

印度尼西亚奇迹:一项最近的调查研究显示,印尼新几内亚岛西海岸线以外的所谓“鸟头海景”(Bird's Head Seascape)地区,包含了多达52种新的鱼类、小虾和珊瑚。

——“保护国际”公告,2006年9月18日

细胞核中一种蛋白的缺失似乎是家族性睡眠状态提前综合征 (familial advanced sleep phase syndrome) 的根源,这种罕见的综合征会让人们比其他正常人早睡早起大约4个小时。

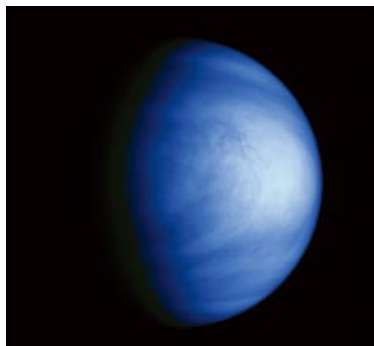
——《基因与发展》网络版,2006年9月18日

天文学

得而复失的金星卫星

撰文/乔治·马瑟 (George Musser)

金星为什么没有卫星,这是太阳系中最大的谜团之一。一个新模型认为,我们的这颗姊妹行星可能曾经有过一颗卫星,不过后来被破坏掉了。在2006年10月美国天文学会召开的一次会议上,美国加州理工学院的亚历克斯·阿勒米 (Alex Alemi) 和戴维·斯蒂芬森 (David Stephenson) 提出,金星遭受过两次巨大的撞击,而不是一次——地球遭受的一次类似撞击产生了月球。第一次撞击导致金星逆时针旋转,并创造了一颗逐渐远离金星的卫星。不过,第二次撞击又使金星的旋转变回了顺时针,抵销了第一次撞击的作用。这一逆转改变了卫星和行星间的引力相互作用,使金星的卫星开始向内移动,最终与行星相撞。第二次撞击也有形成一颗新卫星的可能性。如果确实形成了新卫星,那么这颗卫星也许会在第一颗卫星向内移动的过程中,被甩出金星的引力范围。



■金星现在没有卫星,不过过去它也许有过一颗。

(译/李柯校/虞骏)

宠物狗 攻克癌症的关键

与人类一样，宠物狗也会患上癌症，而且癌症类型都一模一样，于是科学家开始在狗身上寻找癌症的线索，一步一步逼近癌症，逐渐找到了预防、治疗癌症的新方法。看来，宠物狗是攻克癌症的关键！

撰文 戴维·J·沃特斯 (David J. Waters)
凯瑟琳·怀尔达辛 (Kathleen Wildasin)
翻译 杜珍辉



一位头发花白的老人身患前列腺癌 (prostate carcinoma)，做完手术后独自在家休养，陪伴他的，只有一条年老的金毛寻回犬。几年前，美国国家癌症研究所的负责人要求研究癌症的科学家“在 2015 年前消灭癌症”，这个消息让老人看到了希望。但他没有想到的是，身旁的好伙伴竟然就是攻克癌症的关键。

攻克癌症是一个艰巨的任务，要在 2015 年前完成绝

非易事。为此，研究人员使出浑身解数，不断尝试新的研究思路。今天的科学家对癌细胞的认识已经有了空前进步，他们发现了许多药物，用来对付啮齿类动物身上人为诱导的癌症卓有成效，但一旦进入人体试验，药效就神秘消失。看来啮齿类动物可能不是模拟人类癌症的理想模型，那么又该到哪里去寻找新的模型呢？

下列事实可能有助于我们找到答案。在美国，超过 1/3

■犬类与人类经常患上同种癌症。科学家们认为，这些癌症在遗传学等方面的相似性极具启发意义。



的家庭都豢养有宠物狗，据科学家估计，2006 年美国大约有 400 万条狗确诊患有癌症。宠物狗和人类有很多相似性，都会自然患上前列腺癌和骨肉瘤；乳腺癌（breast carcinoma）细胞都有向骨组织扩散的倾向。比较肿瘤学是一个新兴的研究领域，这个领域的科学家通过对比人类与动物身上的自发性癌症，来探索它们之间的异同。科学家相信，宠物狗与人类癌症的相似性会为攻克癌症提供全新的方法。

现在，比较肿瘤学家正在收集宠物狗的信息，希望从狗身上找到突破口，在 2015 年前攻克癌症。有些问题一直牵动着科学家的神经，比如，怎样找到更好的治疗方案、如何决定最佳给药剂量、引发癌症的环境因素有哪些、为什么有的人能够抵抗癌症、怎样预防癌症等。随着 2015 年的逼近，比较肿瘤学家提出了一个大胆的想法：目前，宠物狗身上的癌症只能带来不幸，那么为什么不把它变成一种研究资源，用来拯救人类和其他宠物呢？

为什么选择宠物狗

宠物狗是与人类一样，都会遭到癌症的迫害，而且癌症类型都一模一样。再加上生命周期短，更容易观察癌症的发生、发展，于是宠物狗“成功入选”，成为了科学家新的研究对象。

数十年来，在新型抗癌药物用于人体试验之前，科学家总会先在比格犬（beagle）身上做毒性测试。因此，比较肿瘤学家有充分的理由相信，患有自发性癌症的宠物狗同样可以作为很好的试验模型，用来检验有前景的治疗方法。比较肿瘤学家乐观地认为，比起研究啮齿类动物，他们在宠物狗身上得到的结果具有更高的参考价值，可以帮助他们快速判定这些药物是否值得开展大规模的人体试验。

从宠物狗身上，我们可以破解人类癌症的诸多秘密，因为宠物狗和人一样，常常受到癌症的折磨。比如，宠物狗身上最常见的淋巴瘤（lymphoma）与人类中高度 B



细胞非霍奇金淋巴瘤非常相似；在显微镜下，很难区分青少年的骨肉瘤细胞与金毛寻回犬的骨癌细胞；膀胱癌（bladder carcinoma）、黑色素瘤（melanoma）和口腔癌（mouth cancer），也是宠物狗和人类常患的癌症。除了易患相似癌症之外，宠物狗和人类的另一点相似之处是：若在青春期前切除卵巢，母犬患乳腺癌的几率就会比正常母犬低，就像切除了卵巢（ovary）的妇女，患乳腺癌的几率就会降低不少一样。

在人类和犬类癌症中，癌细胞的转移方式也很相似。癌细胞不会始终呆在一个地方，它会扩散、转移到身体的其他部位，这正是它的致命之处。到底是什么机制在调控癌细胞的转移？研究患有前列腺癌或乳腺癌的宠物狗也许有助于找出这个调控机制，因为无论是在人类还是宠物狗身上，这两类癌细胞都经常扩散到骨骼组织。

科学家认为宠物狗是研究人类癌症的理想模型，并非只凭推测。进化生物学家指出，犬类与人类与生俱来的使命是繁殖后代，任务完成之后，无论以多快的速度走向消亡都无所谓了。为了抵抗或修复积累在我们身体内的基因损伤，身体开始出现异常。当一些无法修复的损伤积累到一定程度，细胞的正常功能受到干扰，癌症也就接踵而至。远古时代，我们的祖先寿命较短，在癌症来袭之前就已经离开人世，很少受到癌症的折磨。现在，受益于良好的卫生条件和高超的医药技术，我们的寿命得以延长，癌症也随着年龄的老化逐渐增加。宠物狗也面临着同样的问题。由于人类的悉心照顾，野兽与普通疾病再也威胁不到它们的生命。比起生活在荒郊野外的祖先，它们的寿命更长，也更容易在晚年患上癌症。因此，面临癌症的威胁，人类和宠物更像是同坐一艘的“难兄难弟”。

除了在癌症上与人类有相似之处以外，还有其他原因使宠物狗成为很有价值的信息源。与人类相比，狗的生命周期短，在它们身上试验新的预防或治疗方法，科学家很快就能判断出哪些方法有可能提高癌症患者的生存几率。虽然相比过去，现代兽医拥有的医疗设备已经大为改善，但很多治疗犬类癌症的标准方法仍然鲜有成效。大多数宠物狗被确诊患有癌症后，都难逃死神的魔掌。因此，很多狗的主人都希望自己的宠物狗能够参加临床试验，让它们有望康复，还能为科学家提供必要的证据，将有希望的治疗方法向人体试验推进。

概述 / 犬类癌症

- ◆ 2006 年，美国有几百万条狗被确诊患有癌症，而且这些癌症不论是在形态上，还在行为上，都与人类癌症非常相似，比如癌细胞会扩散至相同的器官。
- ◆ 研究犬类癌症有利于科学家更好地认识人类癌症。以犬类为动物模型，还可以找到最值得深入研究的治疗方法，也能为给药剂量和给药方式提供依据。
- ◆ 类似的研究将提高人类和犬类对癌症的预防能力，也将改善癌症的治疗方法。

与癌症“为伴”的犬种

图中所示的犬种是某些癌症的高发种群，这些癌症在人类身上也比较常见。显微观察发现，某些犬类癌症与对应的人类癌症不管是在形态上，还是在行为上都没有太大的差别。这些相似性意味着，我们可以根据新药在犬类身上的效果，对它们在人体中的效果作出预判。另外，犬类的某些基因会提高得癌症的几率，研究这些基因，可以帮助我们找到同类基因。



罗特韦尔犬：
骨癌



牧羊犬：
鼻癌



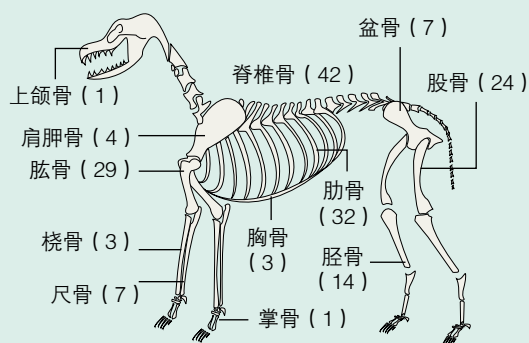
松狮犬：
胃癌



金毛寻回犬：
淋巴瘤



拳师犬：
脑癌



癌症转移的骨骼分布是犬类与人类相似的另一方面。犬类与人类的癌发位置大都在膝肘关节以上。剖析犬类的这种现象，可以帮助我们对人类的癌症分布作出合理解释，另外还可能为我们带来新的治疗理念（左图数字表明在每个部位发现的转移性癌症的数量）。



苏格兰梗犬：
膀胱癌

先进的癌症疗法

为了治愈癌症，科学家已经开发了很多先进的治疗方法，比如手术切除和化疗等，而且一些更具医疗前景的药物也处于研究阶段。但是要实现最佳疗效，还要依靠准确的诊断，这就需要宠物狗的帮助了。

利用宠物狗为研究对象，科学家们试验了很多癌症疗法。一些早期的研究工作主要是为了保住年青骨癌患者的四肢。25年前，由于缺乏有效的化疗方法（药物进入血管后通过血液循环至全身各处杀死癌细胞），如果一名年青人被确诊患有骨肉瘤，那就意味着必须截肢，甚至死亡。

理想动物模型



啮齿类动物是癌症研究人员比较常用的动物模型，但在大鼠或小鼠身上行之有效的治疗方案一旦用于人体试验，治疗效果就会神秘消失。

一些专家声称，癌症治疗迟迟未能取得大的进展，原因在于缺乏有效的人类癌症动物模型。这可能并不是动物本身的原因，而是因为我们利用动物的方法不对，想从它们身上获取的信息方向不对。

“模型”二字意味着，动物癌症模型与癌症患者的实际情况其实是有出入的。科学家经常通过技术手段，在啮齿类动物身上诱发“即时癌症”。两种主要的方式是，给动物注射肿瘤细胞，或者让动物暴露于高剂量的致癌物质下。但是人类癌症的形成过程很复杂，需要20年到30年的时间，这两种方式诱发的癌症能否真实反映人类癌症还值得怀疑。宠物狗会患上自发性的癌症，因而用它们作为模型，对于我们了解人类癌症的复杂性具有得天独厚的优势。

但是，预防和治疗人类癌症还有很多问题需要解决，目前还没有一种完美的动物模型能够解答所有的关键问题。研究人员要想得到理想的实验数据，就应当把目光投向焦点问题，然后根据这些问题选择适当的模型系统。对于一些问题，可能通过细胞培养和啮齿动物模型就能得到答案。但是对于有些问题，研究人员不得不以人类为研究对象。因此，从这个意义上讲，人类的临床实验用一部分特定病例的研究资料来反映整个人群的情况，这也属于一种特殊的动物模型研究。

——戴维·J·沃特斯

但是现在，我们可以选择切除病骨组织，代以骨移植物和金属植入材料，以避免截肢。美国科罗拉多州立大学的史蒂芬·威斯罗（Stephen Withrow）和同事合作，以宠物狗为试验模型，已经将上述手术发展得近乎完美。威斯罗的研究团队还利用新颖的技术，比如用骨水泥（bone cement）填充骨移植物的骨髓空隙，降低了发生并发症的可能性。他们还证明，在手术前先向动脉内注入化疗药物，能将手术无法治愈的肿瘤转变成手术可治的肿瘤。因为能显著提高骨肉瘤青年患者的治愈率，威斯罗的研究小组成为这一领域的领跑者。

虽然利用手术或放射性治疗，可以控制肿瘤的局部影响，但是癌细胞转移依然是一个令人头痛的难题。于是，药物治疗成为了必需的手段。一些新型药物已经处于研究阶段，旨在干扰细胞中的一些关键过程，比如调节转移性肿瘤（metastatic tumor）的寿命与增殖，以及它们对抗癌药物的敏感性。有一种试验药物叫作ATN-161，它可以抑制促进癌细胞生长和转移的新生血管的形成。目前，这种药物的疗效评估试验正在进行，试验对象是患有骨癌，而且癌细胞已经扩散到肺部的大型犬。在试验中，ATN-161似乎还能改善常规化疗的疗效。如果这些试验取得成功，就为下一阶段的人体试验铺平了道路。

癌症研究人员也开始留意一些常见的药物，比如布洛芬（ibuprofen）等非甾体类消炎药（nonsteroidal anti-inflammatory drug，缩写为NSAID）。在很多犬类癌症中，一些非甾体类消炎药表现出了明显的抗癌活性。例如，在研究患有膀胱癌的宠物狗时，吡罗昔康（piroxicam）就具有显著的抗癌活性。目前这种药物已经进入人体试验阶段，研究人员想知道它能否阻止膀胱发生癌变。

开发癌症新疗法不只是寻找新药，还包括优化药物的给药方式。比如，在检验一种治疗肺癌的新药时，科学家必须知道最佳给药途径：究竟是静脉注射好，还是鼻子吸入好。如果合适剂量的药物无法顺利抵达肿瘤部位，即使这些药物能在培养皿中杀死癌细胞，也无法挽救病人。此外，把药物输送到指定部位，即所谓的局部疗法，还有一个好处，那就是不会像全身疗法一样引起毒副作用。

白细胞介素-2（interleukin-2，缩写为IL-2）是一种细胞因子，可以调节免疫功能。研究人员曾以患有自发性肺癌的宠物狗为试验对象，让它用鼻子吸入IL-2，结果证明切实可行。现在，用鼻子吸入IL-2来治疗癌症的方式，已经开始在患有转移性肺癌的病人身上进行试验。而且科学家还在用同样的给药方式，研究另一种细胞因子——粒细胞集落刺激因子（granulocyte colony stimulating factor）

的治疗效果。对于已经进入临床试验阶段的药物，在需要优化给药剂量和方式时，宠物狗也能体现它的“科学价值”。

在病人体内，癌细胞的扩散程度很难判断。又是宠物狗“挺身而出”，帮助我们解决了难题。癌症的恶化会分为几个阶段（即临床分期），精确的分期对于设计治疗方案非常重要，这样就可以针对不同阶段进行治疗，让病人得到最佳的治疗效果，也能最大限度地避免盲目治疗。比如，只要精确鉴定癌细胞的转移程度，并在此后顺利地手术摘除，就可以大大提高骨肉瘤年青患者的存活几率。

在判断病人是否患了癌症，或者判断癌细胞扩散程度时，医生通常会采用计算机断层成像技术（computed tomography，缩写为 CT）。为了评估 CT 扫描的准确度，本文作者沃特斯与美国印第安纳大学医学院的专家一道，收集了患有转移性骨癌的宠物狗的肺部图像，然后再解剖狗的肺部，看其中是否真有癌细胞，以确定 CT 到底是真的检验到了肿瘤的存在，还是出现了误诊。结果显示，目前用于检验年青骨癌患者肺部的、最先进的 CT 成像技术的确不够精确，检验出来的癌细胞数量大大低于实际数量。因此，通过分析现有试验技术的精确程度，宠物狗可以帮助我们优化下一代癌症检测技术，提高癌症检测的准确率。

聚焦癌症预防

如何才能预防癌症？科学家在宠物狗身上找到了答案。如果有一天宠物狗不幸患了癌症，那么它的主人也应该小心了，因为在日常生活环境中很可能有致癌物质存在！

只有检测和治愈癌症的方法不能彻底消灭癌症，还必须有效地预防癌症。奇怪的是，在癌症研究领域，“预防”似乎还是一个新概念。很久以前，心脏病专家就已经认识到，预防心脏病可以挽救无数人的生命。目前，这种理论在癌症研究领域也逐渐得到推崇。虽然在 30 多年前，“化学预防”（即服用化学药物预防癌症）这个术语就已经出现了，但是直到 2002 年 10 月，美国的科学家才首次共聚一堂，共同探讨癌症预防。

目前，专家们在加紧研发各类潜在的防癌药物，但是针对这些药物，找到最佳给药剂量仍非易事。实际上，早期临床预防试验的一次次失败，已经酿成了许多悲剧。例如，两项大型的肺癌预防试验的结果竟然表明，人们摄入高剂量的抗氧化营养因子 β -胡萝卜素后，患肺癌的几率反而

比较肿瘤学家提出了一个大胆的想法：目前，宠物狗身上的癌症只能带来不幸，为什么不把它变成一种研究资源，用来拯救其他宠物和人类呢？

增加。

那么，宠物狗能否帮助科学家找到预防癌症的方法呢？最近，在犬类身上的研究确定了微量矿物质元素硒（selenium）的最适剂量。随着年龄老化，一些基因损伤积累到一定程度，很容易引发前列腺癌，而硒具有抗氧化作用，可以最大程度地减轻基因损伤。年龄较大的狗摄入适量的硒，前列腺中 DNA 的损伤程度会越来越小，但剂量不足或摄入过量，预防效果就会大大降低。这些研究也告诉我们，服用硒来降低患癌风险，并非多多益善。比较肿瘤学专家主张，在启动大规模临床预防试验前，应该做一些相关的犬类试验。这样既可以规范试验流程，又可以让癌症专家做到有的放矢。

宠物狗还能通过另外一种方式帮助人类预防癌症。多年来，在实验室中以犬类为试验对象，我们已经对致癌化学物质的毒性作用（不管是急性的还是长期的）有了很深的认识。在家里或者周围，有些物质虽然剂量很低，但仍有致癌能力。宠物狗生活在我们身边，只要你愿意，它们就可以充当“监察员”。如果某种物质会导致癌症，那么癌症肯定会在主人发病之前，出现在狗身上，因为它的生命周期短很多。

比如，长期接触石棉以后，很多人都会患上间皮瘤（mesothelioma，一种位于胸腹部组织的恶性肿瘤），而疾病症状要在 30 年后才会显现出来。现在，研究人员已经证明，宠物狗患间皮瘤也与接触石棉有关，很可能是由于主

本文作者

戴维·J·沃特斯和凯瑟琳·怀尔达辛是一对志同道合的合作伙伴，他们都喜欢提出治疗癌症的新思路。沃特斯是美国普渡大学比较肿瘤学教授，同时他还兼任普渡老化与生命历程研究中心副主任和印第安纳州西拉斐特市杰拉德·P·墨菲基金会执行董事。他在康奈尔大学获得理学学士和兽医学博士学位，在明尼苏达大学获得兽医外科博士学位。怀尔达辛是肯塔基州的一名医学科普作家。

人接触了石棉，而宠物狗又与主人极为亲近所致。不过对宠物狗来说，从接触致癌物质开始到被确诊为癌症之间的时间相对较短，通常不超过8年。因此，如果宠物狗已经开始出现间皮瘤症状，那么他的主人就应当引起警觉，立即找到和处理掉剩余石棉。而且近距离观察接触过石棉的宠物狗，有利于及早诊断出间皮瘤，当然治愈的机会也就越大。

宠物狗还能发现其他的环境危害。某些地理位置已记录在科学家的“黑名单”上，因为在这些地区，有些癌症的发病率出奇地高。比如说，美国加利福尼亚州马林郡的妇女，患乳腺癌的几率是全美最高的。在分析原因、寻找癌症诱发因素时，科学家的通常做法是，比较该地区病发人群与正常人群在遗传学和行为学上的差异。为了进一步了解事实真相，比较肿瘤学家在这些地区设立了很多宠物犬癌症登记处。如果人和宠物狗的癌症发生率都高于正常值，那么癌症可能就是由某种环境因素引发的。

分析宠物狗的组织样本，也能加快特定致癌因素的鉴定速度。由于很多有毒化学物质（如杀虫剂），会在人体脂肪

肪组织内聚集，收集狗的组织样本就很有意义。以后，如果在某一地区患有某种癌症的人群数量异常增高，研究人员就可以分析样本里化学物质的浓度，查看是否有某种物质含量偏高。

天生的抗癌能力

当人人都为癌症提心吊胆时，有一些人却用不着担心，他们的生活习惯不健康，经常大吃肥肉，但就是不得癌症，难道是癌症怕他们？研究他们也许就可以找到抗癌新方法。

很多宠物狗都患有癌症，说不定它可以为我们解开一个古老的秘密：有些人每天吸两包烟，但就是不会得肺癌。到底什么因素决定了一个人的抗癌能力呢？一种找出答案的方法，就是找到具有抗癌能力的人群，然后再深入研究他们的遗传特征、饮食习惯和生活方式。

百岁老人就是这类特殊人群的代表。科学家们已经证实，百岁老人多数死于机能失调，而非癌症。但是，一位102岁的老太太在年轻时或中年时，有什么样的饮食习惯、

癌症抵抗力：老寿星给我们的启示



13岁的安韦尔
(罗特韦尔犬)

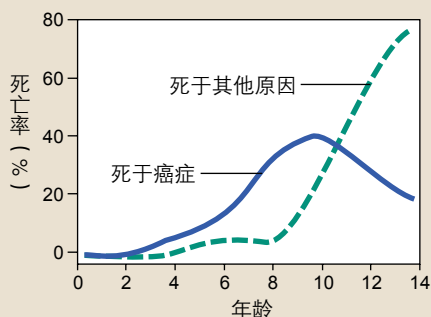
多数人类和犬类随着年龄的增加，患癌症风险就会升高，这种现象让人们误认为，癌症仅仅是由于基因损伤随着时间的累积而造成的。但最近对百岁老人的研究，却揭示了一个矛盾的现象：比起那些死于七八十岁的老人而言，百岁老寿星的抗癌能力更强。那么宠物狗中的老寿星也有同样的抗癌能力吗？

为了回答这个问题，我和我的同事咨询了宠物狗的主人和兽医，对北美地区一大群罗特韦尔犬一生的病史做了详细的记录。我们发现，狗在10岁前，因癌症在两年内死亡的几率会

随着年龄的增加而升高，但10岁以后，这个几率又呈下降趋势。而且，相比寿命一般的宠物狗而言，长寿宠物狗（大于13岁）死于癌症的可能性大大降低，而死于其他病因的风险则持续增长。

上述研究结果让我们看到，通过对比长寿命和正常寿命的宠物狗，就有可能找到调控癌症抵抗力的基因。找到相关基因后，我们就可以观察老寿星，看这些基因在他们体内是不是也有高度活性。如果确实如此，科学家就可以研究由这些基因调控的分子反应，然后弄清

罗特韦尔犬的死亡率



■在十几岁的罗特韦尔犬中，年龄越大也就意味着患癌症的几率越低。



103岁的格蕾丝·费尔
(Grace Fair) 老人

楚这些基因在组织结构水平上，是如何增强癌症抵抗能力的。

目前，对于百岁老人的抗癌能力仍然知之甚少。现在，科学家正在用解剖的手段，研究狗中“寿星”的组织。这些研究可以告诉我们：抗癌能力到底是得益于癌变过程受到抑制（比如DNA损伤的修复），还是因为消除了已形成肿瘤的致命性。深入研究高龄人群的抗癌能力，查明其中的遗传学和病理学基础，科学家就能开发出有效的预防与治疗癌症的方法，减少人们患癌的平均几率。

——戴维·J·沃特斯

身体状态如何，这些信息几乎无从收集。沃特斯灵机一动，提出了一个简单的问题：老年宠物犬与这些老寿星拥有同样的抗癌能力吗？答案是肯定的，这让我们豁然开朗。只需要拜访犬中“寿星”的主人，比较肿瘤学家就能准确了解它一生的病史。有了这些资料，再加上从高龄犬及其后代子孙中收集的生物样本，例如用于遗传学分析和器官功能监测的血样，这些高龄犬就成了我们的一个特殊野外实验室，能够探测癌症抵抗力的遗传和环境决定因素。

解开癌症抗性之谜并不只有一种方法，对比犬类与人类癌症的易患程度也可揭开谜底。对人类而言，肥胖和食用富含动物脂肪的食品都会提高患结肠癌的风险。但许多犬类却相反，即使它身体臃肿，吃高脂肪食物，也不容易患结肠癌。也有人生活方式并不健康，本来是结肠癌的高发人群，但癌症似乎偏偏不喜欢他们。目前，科学家正在考虑把犬类作为“反面教材”，希望能找到与抗癌能力相关的关键因素。对抗癌因素的了解越多，也就意味着普通人距离癌症越远。

共同努力抗击癌症

癌症一直威胁着人类的生命，虽然这么多年来，科学家已经找到了一些方法，可以治疗某些癌症，但是想要真正打败癌症还需要全人类共同努力。

以前，比较肿瘤学研究主要集中在大学的附属医院、专门培训兽医肿瘤学专家的实验室，但是现在其他一些研究机构也开始在意识到，这类研究能更好地保护人们的健康，于是他们也积极投身到这个领域中。

杰拉德·P·墨菲癌症基金会（The Gerald P. Murphy Cancer Foundation）建立于2001年，旨在加快研究步伐，找到有效预防和治疗前列腺癌与骨癌的方法。美国纽约市的动物癌症基金会已经资助了一系列比较肿瘤学研究，为了给研究人员提供便利，最近基金会还设立了一个储存基地，专门存放病态和健康动物的生物标本。2003年，美国国家癌症研究所完善了比较肿瘤学规程，这一规程规范了自发性肿瘤犬试验的流程，并且还为研究人员提供专门针对犬类的高品质试剂，这对于深入研究犬类肿瘤的分子

生物学、蛋白化学以及遗传学特性都非常重要。

此外，犬类基因组的测序工作已经全部完成。如果发现犬类基因与癌症有关，那么研究人员就能判断这种基因是否也与人类癌症有关、作用机制又怎样。患有膀胱癌的苏格兰梗犬、患有骨癌的罗特维尔犬以及患有淋巴瘤的金毛寻回犬，都能帮我们清楚了解致癌基因和环境因素之间的相互关系。

当然，不管是用啮齿类动物，犬类还是其他动物来模拟人类的癌发过程，总有

些固有局限无法突破。也许，根本没有理想的动物可以用于癌症研究。科学不仅要提出问题，而且还要利用各种研究方法来回答案题。在癌症研究领域，让我们的爱犬为我们“指点迷津”，正是攻克癌症的科学途径。

人类和犬类癌症的这些有趣的相似性，在以前看来只不过是奇闻轶事，但是现在，我们已经在系统地利用这些相似性，降低了癌症的杀伤力。比较肿瘤学家不会在宠物狗体内诱发癌症，它们和人类一样，都受到致命的自发性癌症的折磨。在这些患病的宠物狗身上，比较肿瘤学家正在试验对付癌症的方法，也许这些方法能够同时拯救人类与宠物。SI

扩展阅读

Exceptional Longevity in Pet Dogs Is Accompanied by Cancer Resistance and Delayed Onset of Major Diseases. D. M. Cooley, D. L. Schlittler, L. T. Glickman, M. Hayek and D. J. Waters in *Journal of Gerontology*, Vol. 58, No. 12, pages B1078 - B1084; 2003.

Phase I Dose-Escalating Study of SU11654, a Small Molecule Receptor Tyrosine Kinase Inhibitor, in Dogs with Spontaneous Malignancies. C. A. London et al. in *Clinical Cancer Research*, Vol. 9, pages 2755 - 2768; 2003.

Herbicide Exposure and the Risk of Transitional Cell Carcinoma of the Urinary Bladder in Scottish Terriers. L. T. Glickman, M. Raghavan, D. W. Knapp, P. L. Bonney and M. H. Dawson in *Journal of the American Veterinary Medical Association*, Vol. 224, No. 8, pages 1290 - 1297; 2004.

Spontaneous and Genetically Engineered Animal Models: Use in Preclinical Cancer Drug Development. K. Hansen and C. Khanna in *European Journal of Cancer*, Vol. 40, pages 858 - 880; 2004.

Comparative Oncology Program of the National Cancer Institute (including information about clinical trials for dogs): <http://ccr.cancer.gov/resources/cop/>



趋势

医疗新途径

绿色汽车

阿尔茨海默病治疗

等离子振子学

干细胞

智能标签

碳电子学

组织工程

机器人技术

DNA 测序

神奇材料

视觉弥补术



《科学美国人》 2006 年全球科技领袖

锲而不舍的探索精神永远激发着科学家的创造力。2006 年，全球科技飞速发展，各研究领域硕果累累。《科学美国人》2006 年度科技领袖不仅向世人展现了当今科技发展的最新潮流与趋势，而且还充分体现出新方向和独创性，让一些幻想逐渐成为现实。一些科学家制造的隐形材料能改变物体周围光线的方向，使物体隐形，这一成就可能最终成为隐形技术的前奏。这不是电影《隐形人》中的幻想，而是现实世界中科研的长足进步。

2006 年度科技领袖来自研究、商业和决策领域，他们致力于用先进的科技创新来造福于人类：由于科学家的不懈努力，DNA 测序费用由原来的数千万美元下降到了 14 万美元；从根本上认识阿尔茨海默病形成的分子过程，开辟了保护老年人群的新途径；不断提高混合动力汽车的性能，既环保，又节能；亿万富翁捐献出大量财富，改善全球卫生状况……

2006 年的某些发明创造，可能很快就会出现人们的日常生活中，摆放在零售商店或医院药房的货架上。更多倍受赞誉的研究人员则致力于攻克基础问题，例如，努力摸清将一种干细胞转化为分化程度更高的细胞类型的机制，对于解答神奇的干细胞是否具有临床实践意义这一关键问题，将大有帮助。2006 年全球科技领袖的评选表达了这样一个主题：最基础的科学研究引领着技术进步，这些技术终将造福人类，例如用于治疗阿尔茨海默病，或用于制造性能可能超越硅电子器件的新装置等。

(译 / 冉隆华)

年度科学研究领袖

1. 安杰拉·贝尔彻, 美国麻省理工学院

年度商业领袖

2. 瑞士再保险公司

年度政策领袖

3. 阿尔·戈尔, 美国前副总统

预见科学研究、商业与政策未来趋势的领袖**非政府资助**

4. 迈克尔·克雷默, 美国哈佛大学 (政策)
5. 斯科特·约翰逊, 髓磷脂修复基金会 (政策)
6. 凯西·朱斯蒂, 多发性骨髓瘤研究基金会 (政策)
7. 克里斯蒂娜·尼斯莱因-福尔哈德, 克里斯蒂娜·尼斯莱因-福尔哈德基金会 (政策)
8. 沃伦·E·巴菲特, 投资人/慈善家 (政策)

通向绿色汽车之路

9. 艾欧基公司 (商业)
10. 原亨和, 日本东京工业大学 (研究)
11. 戴姆勒克莱斯勒公司 (商业)
12. 通用汽车公司、戴姆勒克莱斯勒公司和宝马公司 (商业)
13. EDrive Systems 公司, Hymotion 公司 (商业)

治疗阿尔茨海默病

14. 约翰·R·奇里托和戴维·M·霍尔茨曼, 美国圣路易斯华盛顿大学医学院 (研究)
15. 兰德尔·J·贝特曼和戴维·M·霍尔茨曼, 美国圣路易斯华盛顿大学医学院 (研究)
16. 罗伯特·P·哈默, 美国路易斯安那州立大学 (研究)

等离子振子技术与隐形物质

17. 伊戈尔·I·斯莫尔雅尼诺夫, 美国马里兰大学 (研究)

18. 约翰·B·彭德里, 英国伦敦大学帝国学院; 戴维·舒里希和戴维·史密斯, 美国杜克大学 (研究); 乌尔夫·莱昂哈特, 苏格兰圣安德鲁斯大学 (研究)
19. 纳达尔·恩格塔, 美国宾夕法尼亚大学 (研究)

干细胞研究前景

20. 凯文·埃根, 美国哈佛大学干细胞研究所 (研究)
21. 理查德·K·伯特, 美国西北大学芬伯格医学院 (研究)
22. 劳里·A·鲍耶和理查德·A·扬, 美国怀特黑德生物医药研究所 (研究)
23. 苏珊·L·林德奎斯特, 美国怀特黑德生物医药研究所 (研究)
24. 美国科罗拉多州议员黛安娜·德盖特和特拉华州议员迈克·卡斯尔 (政策)

新型智能标签呼之欲出

25. IMEC 公司 (商业)
26. 欧金尼奥·坎塔托雷, 飞利浦研究实验室 (商业)
27. 惠普实验室 (商业)

碳笼分子再成热点

28. 安德烈·K·海姆, 英国曼彻斯特大学; 菲利普·金, 美国哥伦比亚大学 (研究)
29. 沃尔特·德黑尔, 美国佐治亚理工学院 (研究)
30. 普拉巴卡尔·R·班达鲁, 美国加利福尼亚大学圣迭戈分校 (研究)
31. 雷·H·鲍曼 (Ray H. Baughman)、张梅 (Mei Zhang) 和房少立 (Shaoli Fang), 美国得克萨斯大学达拉斯分校纳米技术研究所 (研究)

人造器官

32. 威廉·R·瓦格纳和迈克尔·S·萨克斯, 美国匹兹堡大学 (研究)
33. Cytograft 生物工程公司 (商业)
34. 舒拉米特·利文贝格, 以色列理工

学院 (研究)

机器人在行动

35. 美国斯坦福大学机器人参赛队 (研究)
36. 杰西·W·格里兹尔, 美国密歇根大学安阿伯分校 (研究)

DNA 测序走上低价之路

37. 乔治·M·丘奇, 美国哈佛大学医学院 (研究)
38. 454 生命科学公司 (商业)
39. H·库马尔·维克拉马辛格, IBM 艾玛登研究中心 (商业)

新材料进展

40. 纳塔利娅·杜布罗温斯卡娅, 德国拜罗伊特大学 (研究)
41. 普利克尔·M·阿贾扬, 美国伦斯勒理工学院 (研究)
42. 安东尼·P·托姆西亚, 美国劳伦斯伯克利国家实验室 (研究)
43. 丹尼尔·E·莫尔斯, 美国加利福尼亚大学圣巴巴拉分校 (研究)

让盲人重见光明

44. 拉里·I·贝诺维茨, 美国波士顿儿童医院 (研究)
45. 伊丽莎白·戈德林, 美国麻省理工学院高级视觉研究中心 (研究)
46. 普罗塔哥拉斯·库奇斯, 美国约翰·霍普金斯大学 (研究)

大脑图谱和互联网中立原则

47. 克里斯托弗·P·门罗, 美国密歇根大学安阿伯分校; 戴维·J·瓦恩兰, 美国国家标准技术研究所 (研究)
48. 吴修铭, 美国哥伦比亚大学 (政策)
49. 安德鲁·J·图贝尔菲尔德, 英国牛津大学 (研究)
50. 保罗·G·艾伦, 艾伦脑科学研究所 (研究)



■生物可以成为组装材料的工厂。安杰拉·贝尔彻利用M13噬菌体，制造出了金属纳米导线和半导体装置。

安杰拉·贝尔彻

美国麻省理工学院

这位博采众家之长的科学家，从大自然的造物中获得启示，构建纳米级物质，使DNA的价值不再局限于编码生命信息

自 组装问题一直是制约纳米技术发展的瓶颈，因为要把一个个互不合作的原子精确地连接起来，并排列成形，的确很难。当然，这也并非不能办到：生命何以延续？就是因为生物体把微小的分子变成了复杂的生物机器。于是，当今最具创造力的材料科学家——美国麻省理工学院的安杰拉·贝尔彻（Angela Belcher）独辟蹊径，求助于大自然。她利用专门改造的病毒，率先合成出了纳米导线、纳米阵列；融合多个研究领域，贝尔彻形成了自己独特的研究成果。

贝尔彻的目标，就是把生物作为工厂，用任何一种元素作为原料，生产出人类需要的材料。她最大的成功来自于M13噬菌体（M13 bacteriophage）——一种身躯细长、体宽仅为6纳米的管状病毒。通过基因改造，她获得了一种可以吸附量子点（具有令人满意的电磁特性的微小半导

体晶体）的噬菌体。只要把噬菌体颗粒悬浮在某种溶液中，贝尔彻就可以让它们排列成形，这种方法可以有效地制作量子点层，不仅排列整齐，层与层之间还有噬菌体层隔开。

最近，她改造了一种M13噬菌体，使它们可以吸附金属粒子，例如金粒子和氧化钴粒子。当噬菌体全身上下都是金属粒子时，一根金属纳米导线就制造成功了。这种纳米导线能够组装成高能量密度（energy-density）的电极，可用于制造超轻型的薄膜电池。这种薄膜电池几乎便于安置在任何空间，用途极为广泛。为了把科研成果转化为商业产品——如柔软的触感式液晶屏和发光二极管，贝尔彻参与创建了美国加利福尼亚州芒廷维尤的Cambrios技术公司。（参见《环球科学》2006年第11期《病毒——神奇的纳米大师》一文）

撰文/JR·明克尔（JR. Minkel） 翻译/褚波

SA50

年度商业领袖

瑞士再保险公司

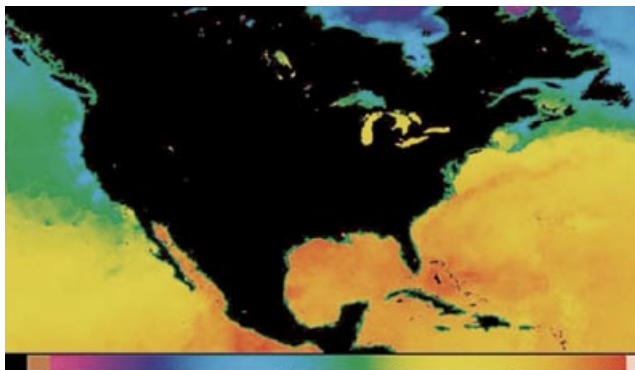
瑞士苏黎世

世界顶级保险公司强调排放温室气体的可怕后果，呼吁全球采取积极行动，减轻气候变暖给人类带来的危害

当 人们罗列那些试图向社会传播全球变暖风险信息信息的发布者时，会发现一个最有名的悠久行业——保险

业一直保持沉默。全球性的瑞士再保险公司（Swiss Re）正在努力改变这种状况。它早就密切关注气候变化，合作资助了一份重要研究报告。该报告于2005年末发布，突出揭示了全球气候变暖给经济带来的潜在灾难。该报告指出：“保险业和再保险业的生命力在于恰当评估风险，因此处于应对气候变暖挑战的风口浪尖之上。”

气候变化给保险行业带来了新的问题，因为气候变化可能大幅度改变极端气候事件的发生率，也许会让保险公司难以为继。联合国开发计划署（United Nations



■瑞士再保险公司警告说，全球气候变暖具有潜在的灾难性影响，它还与联合国开发计划署共同资助了一份研究报告，评估气候变化的影响。

Development Program) 也资助了该报告，并与美国哈佛大学医学院健康与全球环境中心联合发布。报告评价了气候和恶劣天气的最新趋势，探讨了两种不同气候变化情景对热浪、洪水、传染病、慢性病、管理资源和自然资源的可

能影响。对这两种情景的分析，都建立在温室气体排放不受控制的基础之上。

很早以来，瑞士再保险公司就非常关注气候变化了。2003 年，该公司宣布正在制定一个十年规划，使该公司达到温室气体“中立”地位，也就是说，它要将员工的净碳排放量削减或抵消到零排放的水平。

2005 年，瑞士再保险公司加入了美国芝加哥气候交易市场，该市场是自发形成的温室气体排放交易市场。在 2005 年的报告中，瑞士再保险公司呼吁政府和全球产业界采取更有力的行动，减轻气候变化带来的影响：“大多数政府或产业界都没有采取什么行动来消除气候变化的潜在灾难。然而，所有保险公司都知道，风险不会因政治界或产业界的无动于衷而消失。”（参见《环球科学》2006 年第 10 期《建筑节能新方向》一文）

撰文/JR·明克尔 (JR. Minkel) 翻译/冉隆华

SA50

年度政策领袖

阿尔·戈尔

美国前副总统

美国前副总统走上银幕，成为全球气候变化的代言人，以极强的感染力号召观众承担环保责任

美国前副总统阿尔·戈尔 (Al Gore) 在纪录片《难以忽视的真相》(An Inconvenient Truth) 中担任主演，票房收入高居纪录片第三位，这听起来似乎让人有些难以置信。2000 年，戈尔竞选总统失败之后，就开始到世界各地宣讲全球气候变暖问题。《难以忽视的真相》是戈尔的多媒体演讲的电影版本（此外还有书籍出版）。值得注意的是，影片中大量出现 PowerPoint 幻灯片，实际上增强了影片的叙事性，把对气候科学的解释与戈尔生活的特定情节交织在一起，影片传达了警告与希望这两层含意。

该片浅显易懂，堪称科普宣传的典范。它解释了急流等复杂物理现象的作用机制，讲述了冰川消退、二氧化碳排放量增多以及全球气温升高等现实。与此同时，戈尔成功地把减少温室气体从“道德律令”层面诠释到个人层面，努力说服观众，让他们相信自己的行动能发挥重要作用。

这位过去常被人讽刺演讲风格生硬的政治家，在影片中披露了他的个人生活，因此当他在影片中呼吁大家承担起个人责任时，具有极强的号召力。影片最具感染力的一幕，

是戈尔讲述他姐姐死于肺癌之后，他们家族放弃烟草种植的经历，这段痛苦经历，也暗示出产业界在应对大气二氧化碳过量问题时的尴尬处境。

影片引发了大量的政治评论。保守的竞争性企业协会 (Competitive Enterprise Institute) 攻击说：“二氧化碳——他们把这叫污染，我们把这叫生活。”

电影评论家则大都对这部片子大加赞赏。罗杰·埃伯特 (Roger Ebert) 极力推荐：“你应该看看这部电影。如果你不看，你应当向你的后人解释你不看的原因。”《难以忽视的真相》的成就在于，它把当代最重要的科技问题带入了公众的视野，比以前的任何图书或电影来，它做得更加出色。

撰文/JR·明克尔 (JR. Minkel)、加里·斯蒂克斯 (Gary Stix) 翻译/冉隆华



■在影片《难以忽视的真相》中，环境保护主义者阿尔·戈尔把全球气候变暖的科技问题表现得淋漓尽致。该片成为票房收入最高的纪录片之一。

非政府资助

在医学领域，企业家独辟蹊径筹集资金，促进科研发展

为了减轻贫穷国家在控制传染病方面的负担，美国哈佛大学的经济学家迈克尔·克雷默（Michael Kremer）提出了一种疫苗模拟市场模式。根据克雷默的方案，捐助者要为疫苗研发提供一定数量的资金，并高价购买疫苗，疫苗公司再以低价向贫穷国家提供疫苗。

许多方法已经为医学研究开辟了新途径，给这一领域带来了前所未有的活力，克雷默的方法便是其中之一。斯科特·约翰逊（Scott Johnson）则进行了另一项尝试，这位现年50岁的商人独自发动了抗击多发性硬化症（multiple sclerosis）的战斗。2003年，他建立了髓磷脂修复基金会（Myelin Repair Foundation），该基金会已经说服了该领域5位顶级科研人员将他们的大学实验室合而为一，提出了更具商业特征的治疗方法开发计划。

与此类似，4个顶级的癌症研究中心已经携手开展临床试验，共享资源，汇集对致命骨病——多发性骨髓瘤（multiple myeloma）的研究成果，这种血癌会腐蚀骨骼，迅速夺去人的生命。凯西·朱斯蒂（Kathy Giusti）是该项目的领导者，她毕业于哈佛大学商学院，现为一家制药公司的领袖。1996年，她得知自己患了多发性骨髓瘤之后，便建立了多发性骨髓瘤研究基金会（Multiple Myeloma Research Foundation），并已筹集到6,000万美元的研究经费。

克里斯蒂娜·尼斯莱因-福尔哈德（Christiane Nüsslein-Volhard）是遗传学领域的开拓者，1995年分享



■ 沃伦·E·巴菲特（右）捐献了自己公司的1,000万股股票（300多亿美元），其中大部分捐献给了盖茨夫妇（左）建立的基金会。

了诺贝尔生理学或医学奖，也许她的方法最具个人特色。利用个人资产以及联合国教科文组织“欧莱雅妇女科学计划”颁发的10万美元奖金，尼斯莱因-福尔哈德以她自己的名义建立了一个基金会，为年轻的女科学家提供资助，补贴她们请人照顾小孩和家务所花的费用。

沃伦·E·巴菲特（Warren E. Buffett）的创举或许最令人惊讶。美国《财富》杂志这样描述：“独特的巴菲特：理性、独创，打破巨富的捐助模式。”巴菲特是世界第二富翁，他捐献了自己85%的财富，其中大部分捐献给了盖茨基金会（Bill and Melinda Gates Foundation）。巴菲特和盖茨夫妇做出了表率，激励着其他企业家和研究人员将自己的创造力悉数奉献给研究事业。（参见《环球科学》2006年第8期《让穷人有药可医》一文）

撰文/米歇尔·普雷斯（Michelle Press） 翻译/冉隆华

通向绿色汽车之路

化学家和汽车制造商共同努力，推动环保型燃料和汽车向前发展

最近，有关乙醇（ethanol）燃料的报道大量出现，这类燃料来源于可再生的生物质，燃烧起来比汽油清洁。美国艾欧基公司（Iogen Corporation）研制了许多酶，这些酶能把便宜的农业废弃物中粗糙的含糖纤维转变成乙醇，从而让乙醇燃料技术更上一层楼。

另一种可再生替代燃料是生物柴油（biodiesel），十分常见的植物油经过加工，变成可供柴油发动机使用的清洁

燃料。日本东京工业大学的原亨和（Michikazu Hara）及其同事已经证明，便宜的糖、淀粉或纤维的混合物经过一种高效的固态酸性催化剂的处理之后，能够生产生物柴油。这种柴油难以溶解，制备费用低，易于再循环利用。

工程师们正在努力研制氧化氮排放更少的柴油机。在这场竞赛中，位于德国的汽车制造商戴姆勒克莱斯勒公司处于领先地位，它最近开发了清洁柴油BLUETEC技术——

一种能够大幅度减少氧化氮和烟尘排放的模块化废气处理系统，使轿车能够满足最严格的美国排放标准。

采用另一种技术的发动机每英里消耗的燃料比普通发动机消耗少，因此每英里行程的二氧化碳排放量更少。这种技术就是汽油电力复合动力汽车，它把汽油发动机和电动机结合在一起。目前，对于走走停停的行驶方式，复合动力汽车能够节约燃料；而在高速行驶中则没有多少效果。通用汽车公司、戴姆勒克莱斯勒公司和宝马公司的新型双模式复合动力汽车系统，大大提高了低速和高速行驶状态下的燃料效率，综合里程数比普通汽车提高了 25%。



■ 欧盟委员会的一位高级环境官员在为轿车加注艾欧基公司生产的纤维乙醇，这种燃料来源于可再生生物质。

改善复合动力汽车环境性能的另一方式，是为汽车装备能够从电网中储备电力的设备。这样，它们就能单独借助电力行驶，而不再依靠化石燃料发动机提供电力。EDrive Systems 公司（美国加利福尼亚州 EnergyCS 和 Clean-Tech 公司的合资公司）以及加拿大 Hymotion 公司，都为丰田普锐斯汽车提供了充电式复合动力汽车升级套件。随着这些进展，通

向更绿色、更可持续能源的未来之路似乎正在展开。（参见《环球科学》2006 年第 5 期《复合动力车加速跑》一文）

撰文/史蒂文·阿什利（Steven Ashley） 翻译/冉隆华

治疗阿尔茨海默病

只要弄清一种关键蛋白的运作机制，治愈阿尔茨海默病也许就为期不远了



■ 科学家用基因工程的方法，对实验小鼠进行改造，让它们的大脑呈现出阿尔茨海默病的症状，此举有助于确定 β -淀粉样蛋白（红色）的破坏性作用。

老年人群遍及世界每一个角落，而危害老人们健康的阿尔茨海默病（俗称老年痴呆症）也如影相随。攻克阿尔茨海默病、维护老人的健康已经迫在眉睫。2006 年，几项激动人心的研究进展出现在人们眼前。美国圣路易斯华盛顿大学医学院的约翰·R·奇里托（John R. Cirrito）和戴维·M·霍尔茨曼（David M. Holtzman），追踪到了一种与阿尔茨海默病有关的破坏性蛋白质—— β -淀粉样蛋白，这种蛋白出现在连接神经元的神经突触上，而他们的研究直接将突触的高活性与 β -淀粉样蛋白的高浓度联系了起来。评论家们这样评价他们的发现：“这是科学技术史上的大手笔。”

要阻止阿尔茨海默病给病人带来破坏性后果，关键的一点就是要及早发现症状。霍尔茨曼与同在华盛顿大学医

学院的同事兰德尔·J·贝特曼（Randall J. Bateman）的另一项研究成果，可能让阿尔茨海默病从一开始就无处遁形。他们设计的实验可以检测 β -淀粉样蛋白在大脑中的形成与处理过程，这一技术可能最终会成为检测早期阿尔茨海默病、评测药物在病人体内药效的基础。

美国路易斯安那州立大学的罗伯特·P·哈默（Robert P. Hammer）合成的一种蛋白质片段，也许可以成为征服阿尔茨海默病的武器之一。在阿尔茨海默病患者的大脑中，会形成含纤维的蛋白质斑块，这些斑块被认为是脑细胞大量死亡的诱因。哈默的蛋白质片段则可阻止“致命”斑块的形成。蛋白质斑块的形成，源于每个 β -淀粉样肽段的非正常聚集。哈默合成了一种肽段，它们不仅不会相互粘连，而且还可以与 β -淀粉样蛋白结合。 β -淀粉样蛋白一旦被这种肽段“缠住”，就不能聚集，从而就无法形成斑块。将这种经过改造的肽段加入装有正常 β -淀粉样蛋白的试管中，即可阻止含纤维的斑块形成，甚至在 4 个月之后，试管中仍不会有斑块出现。如果哈默的蛋白质片段在人类大脑中仍能表现得如此出色，那么千百万阿尔茨海默病患者就可以摆脱“致命斑块”的阴影，重获新生了。（参见《环球科学》2006 年第 6 期《叫停阿尔茨海默病》一文）

撰文/克里斯廷·索亚雷斯（Christine Soares） 翻译/褚波

等离子振子技术与隐形物质

二维光波能够拍摄病毒的光学影像，隐形人也不再只是梦想

几年前，电气工程师伊戈尔·I·斯莫尔雅尼诺夫（Igor I. Smolyaninov）发挥过人的才智，取得了一项惊人的成果——利用时间机器的物理学原理，推导出了电磁波的特性。这位美国马里兰大学的教授当时一直在研究材料科学中最迷人的领域——等离子振子学（plasmonics）。运用这种技术，光可以从三维波（光子）转变成二维波（等离子振子），沿着金属薄片波动。如果把一滴液体滴在金属片上，等离子振子就可以被俘获，就像光子被黑洞俘获一样。实际上，黑洞可以用来创造时间机器，金属片上液滴也可以制成类似的设备，接下来，所有科幻狂热爱好者都耳熟能详的种种幻想就会变为现实。斯莫尔雅尼诺夫推断，如果时间机器不能发挥作用，那么“液滴时间机器”也不会发挥作用，据此，他推导出了这些二维光波的性质。

现在，斯莫尔雅尼诺夫及其同事已经利用“液滴黑洞”制造一种显微镜，这种显微镜能看到小于照明光波长的细节——过去的物理学教科书上说这种事情是不可能办到的。这项技术的关键在于，光子在转化为等离子振子的时候，波长会变短，这样它们就能对更细微的特征作出反应。在

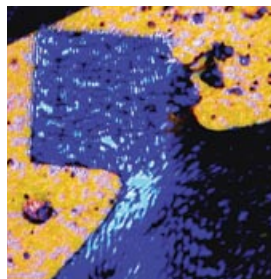
一个试验中，斯莫尔雅尼诺夫的研究小组利用波长约 500 纳米的激光，形成了波长 70 纳米的等离子振子。一滴甘油将它们聚焦成二维图像，用常规光学显微镜就可以看到这个图像。

与等离子振子学一样，超材料（metamaterial）科学专门研究具有不同于自然原子光学

特性的人工原子，它就像一扇大门，将我们引入一个看似虚幻无比，却又真实存在的神奇世界。2006 年春，英国伦敦大学帝国学院的约翰·B·彭德里（John B. Pendry）与美国杜克大学的戴维·舒里希（David Schurig）、戴维·史密斯（David Smith）以及苏格兰圣安德鲁斯大学的乌尔夫·莱昂哈特（Ulf Leonhardt）预测，超材料薄层能让光线绕过物体，从而使物体隐形。2006 年 10 月，美国杜克大学的研究人员展示了这样一件“隐身斗篷”的雏形。

美国宾夕法尼亚大学的纳达尔·恩格塔（Nader Engheta）及其同事，已经提出一系列标准化的等离子振子组件；这些组件类似于电阻器、电容器和感应器，能让工程师利用光而不是电来构建电路。不久的将来，神奇的等离子振子产品就会出现在电器商店的货架上。

撰文/乔治·马瑟（George Musser） 翻译/冉隆华



■等离子振子显微镜拍摄了方形芯片上的纳米级细节。

干细胞研究前景

干细胞生物学的研究进展暗示：干细胞研究给医学带来的好处即将实现

干细胞生物学的最新目标是：既取得人类干细胞，又能让胚胎免于伤害，只有做到这一点，才能获得美国总统布什这样强有力的批评家们的点头认可。不过，即使这一目标能够实现，胚胎始终完好无损，仍然不清楚这些研究方法能否让布什等人满意，因为他们抱怨胡乱地修补人体器官不符合伦理。

美国哈佛大学干细胞研究所的凯文·埃根（Kevin Eggan）及其同事一起，努力将胚胎干细胞与皮肤细胞，即纤维原细胞（fibroblast）组合起来，创造出了“融合细胞”（fusion cell）。“融合细胞”把自己复制得类似于胚胎干细胞，

但它们的遗传基因却与皮肤细胞的提供者完全匹配。这些细胞可以转化为任何一种细胞类型，而且不需要使用复杂的克隆程序——这就意味着，研究胚胎干细胞将不会再次对胚胎造成损害。

在治疗狼疮的试验疗法方面，干细胞的应用前景再次得到了肯定。狼疮是一种自体免疫疾病，患者的免疫系统会攻击患者自身组织。美国西北大学芬伯格医学院的理查德·K·伯特（Richard K. Burt）领导一个研究小组，先从狼疮患者的骨髓中移出了干细胞，再用药物清除患者体内的白细胞，然后将移出的干细胞重新注回到患者体内。结果干细胞分化成了新的白细胞，而且新生白细胞制造破坏性抗体的可能性较小。在他们研究过的 48 位病人中，有一半人在 5 年中都没有再次患病。

胚胎干细胞如何分化为成熟细胞？只要能明白其中的

奥妙，或许可以找到改造成体细胞的方法。这些技术也许能让一个成熟细胞回到“多能”状态，能分化为不同的细胞类型。美国怀特黑德生物医药研究所的劳里·A·鲍耶（Laurie A. Boyer）和理查德·A·扬（Richard A. Young）及其同事，证明了3种蛋白如何控制干细胞的分化过程。

另一项研究发现更是凸显了探索干细胞生物学复杂本质的重要性，干细胞生物学无须只给医学做嫁衣。美国怀特黑德研究所的苏珊·L·林德奎斯特（Susan L. Lindquist）与合作者发现，虽然朊蛋白一旦变异就会导致疯牛病，但在正常状态下，它与干细胞的功能息息相关。朊蛋白似乎可以维护

干细胞，并且还可以维持造血干细胞的供应量。

布什的决定把干细胞研究限制在现有的78种干细胞系之内，阻碍了干细胞研究前进的步伐，科学家几乎陷入了无细胞可用的境地，而且很多细胞系都已经遭到污染。美国科罗拉多州民主党议员黛安娜·德盖特（Diana DeGette）、特拉华州共和党议员迈克·卡斯尔（Mike Castle）一直在努力尝试放宽对干细胞研究的限制。他们成功地得到了国会同僚的支持，但最终却被布什总统否决。如果不摆脱政治约束，干细胞基础性研究就得不到保证。

撰文/加里·斯蒂克斯（Gary Stix） 翻译/褚波

新型智能标签呼之欲出

下一代电子标签的性能卓越，可望胜过无线射频识别器件

过去10年间，无线射频识别器件（RFID）的快速普及引人注目。有人甚至大胆预测RFID革命最令人震撼的前景之一，就是它将取代条形码（bar code）。但由于它的成本太高，这一预言至今尚未变成现实。因此研究人员一直在努力，设法用塑料这种比较便宜的材料来制造RFID。

2005年，比利时鲁文市IMEC公司的一批工程师攻克了用并五苯（Pentacene）制造二极管时所遇到的一个重大障碍。并五苯是一种具有半导体特性的有机化合物。在IMEC取得突破性进展之前，人们一直认为有机半导体速度太慢，无法驱动RFID芯片。IMEC解决了这个问题。2006年初，第二项重大进展又接踵而至——荷兰埃因霍温飞利浦研究实验室的欧金尼奥·坎塔托雷（Eugenio Cantatore）领导的研究小组宣布，他们研究出了一种完全用塑料电子器件制造的全功能型REID标签。这样一种芯

片的制造技术比原来的硅基标签简单，因为它的电路可以直接印制在塑料基底上，从而省去了复杂的组装过程。此项进展有助于将成本低廉的RFID标签嵌进产品



■读者只要有便携式阅读机，就可以浏览嵌在书里的存储点提供的补充阅读材料，包括文字、图片和视频等。

包装中。RFID读卡器可以在几米范围内就探测到RFID标签，并读出标签上存储的数据，因此超市工作人员可以一下子扫描完顾客手推车里装着的全部商品。

与此同时，惠普实验室的工程师也设计出了一种微型无线芯片，它可能将在许多场合中最终取代RFID标签。这种名为“存储点”（Memory Spot）的芯片具有最大为4MB的闪存容量，可以以10MB/秒的速度将存储的数据传送到阅读机上。存储点可以嵌进护照、明信片、药品标签和医用腕带中。

撰文/马克·阿尔珀特（Mark Alpert） 翻译/郭凯声

碳笼分子再成热点

另类碳分子掀起电子器件和物理学革命新风暴

1985年，科学家们发现了一类新型碳分子——碳笼分子（富勒烯就是这类碳分子的一个例子；它是由60个碳原子互相连接起来而构成的、状似足球的纳米球形分子）。自那以后，研究人员便对形形色色的网状碳结构给予

了格外的关注。最近这个大家族中又喜添新丁——石墨烯（graphene），它是碳原子互相连接起来构成的一种扁平单层结构，与石墨的六角形结构相仿。

2005年11月，英国曼彻斯特大学的安德烈·K·海姆（Andre K. Geim）领导的研究小组和美国哥伦比亚大学菲利普·金（Philip Kim）为首的研究小组均获突破，他们通过独立的实验，证明石墨烯具有某些不同凡响的电子

学特性：石墨烯中电子的有效质量为零，而且这些电子的行为表明它们是相对论性的基本粒子，即遵循爱因斯坦的相对论而非牛顿的运动定律。此结果开辟了一个全新的相对论性物理学研究领域，可通过桌面实验来探索。

美国佐治亚理工学院的沃尔特·德黑尔（Walter de Heer），与该校以及法国国家科学研究中心的其他研究人员合作，利用标准的微电子加工技术，研制出了石墨烯晶体管和其他电路，把石墨烯器件的研制开发大大推进了一步，其性能最终可望胜过硅器件的性能。石墨烯相当容易按需要来加工定制，相对于碳纳米管，石墨烯占据了明显优势，因为把碳纳米管制成复杂的器件，难度要大得多。

但是碳纳米管的研究人员也陆续取得了进展。美国加利福尼亚大学圣迭戈分校的普拉巴卡尔·R·班达鲁（Prabhakar R. Bandaru）以及他在校和克莱姆森大学的同行演示了一类全新的纳米管型晶体管，它具有新颖的“Y”

形状，可以省掉用于控制电流的金属电极。这样，它的尺寸可望远远小于以前的晶体管。

至于用碳纳米管制造的宏观材料，研究人员同样也获得了新成果：美国得克萨斯大学达拉斯分校纳米技术研究所的雷·H·鲍曼（Ray H. Baughman）、张梅（Mei Zhang）和房少立（Shaoli Fang）以及他们在校和澳大利亚贝尔蒙特联邦科学与工业研究组织的合作者们一起，开发出了一种高效的制造纳米管薄板的新方法，有望很快就投入商业生产。这种纳米管薄板强度高、重量轻、透明、柔性好并且导电，非常适合制造显示器、太阳能电池、有机发光二极管和人造肌肉等装置的部件，并可运用于其他多种场合。无论是石墨烯中的扁平结构，还是纳米管中的卷曲形状，具有类似网状结构的碳分子家族的阵营势必更加兴旺发达。

撰文/格雷厄姆·P·科林斯（Graham P. Collins） 翻译/郭凯声

人造器官

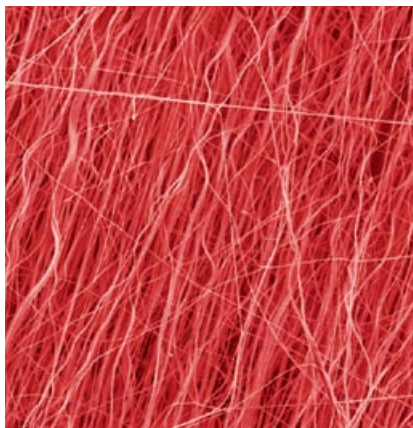
生物工程学家可以从零开始，培养出血管以及其他人体组织

为了模仿软组织的机械特性，美国匹兹堡大学的生物工程学家威廉·R·瓦格纳（William R. Wagner）和迈克尔·S·萨克斯（Michael S. Sacks）用一种廉价的聚合物——聚氨酯（polyester urethane urea）制造出了生物可降解支架。这种圆柱形支架与肺动脉瓣相似，强度也会随着施加压力方向的不同而变化。一块布满平滑肌细胞的聚氨酯尿素可以发挥血管的功能，在从心脏骤停中恢复过来的大鼠心脏上，它能促进康复、防止疤痕组织形成。

美国加利福尼亚州 Cytograft 生物工程公司的一项专利技术已经处于临床试验阶段，利用这项技术，可以用病人自己的细胞培养出血管。在阿根廷，Cytograft 公司进行了一项可行性实验，研究人员把改造过的血管移植到两位透析患者体内，在随后至少 9 个月里，两位患者反应良好。

组织工程要继续向前发展，就需要跨越一大障碍。像

肌肉这样粗厚的组织，必须要有大量的血管贯穿其中，肌肉才能保持生机。而为病人移植后，肌肉根本无法从病人体内的血管网络中获得足够的血管。为了解决这一难题，



■ 聚合物支架与平滑肌细胞结合在一起，可以为血管组织的形成提供“地基”。

多个研究机构的科学家组成了一个团队，在以色列理工学院的舒拉米特·利文贝格（Shulamit Levenberg）的率领下，培养出了一些能够自己制造血管的小块肌肉组织。

在一个生物可降解的塑料支架上，研究人员结合了 3 种细胞：可以变成肌纤维的成肌细胞、能形成血管的内皮细胞，以及能巩固细胞壁的平滑肌细胞的前体——纤维原细胞。内皮细胞变成血管后，就会召集纤维原细胞，促使后者分化为平滑肌细胞。但是一旦移植到大鼠体内，就只有不到一半的血管能充注血液。不过，如果同时移植 3 种类型的细胞，细胞存活率是只移植两种细胞的两倍。最终，这一技术可能会有助于解决一个持久性难题：给改造过的细胞提供氧气和养料，让它们能够自己排除废物。

撰文/布里·芬戈尔德（Brie Finegold）、加里·斯蒂克斯（Gary Stix） 翻译/褚波

机器人在行动

数学模型和传感技术不断进步，使机器人更加灵活机动

2005年10月，在美国国防部高级研究项目局（DARPA）主办的一场无人驾驶机器车挑战大赛中，各参赛队的机器车在莫哈维沙漠起伏不平的地面上你追我赶，颠簸前行。在2004年的挑战大赛中，所有参赛车还没有跑到整个赛程（约242千米）的5%便出现故障，纷纷铩羽而归。然而2005年的这场比赛情况则彻底改观。4辆机器车用了不到10小时的时间便跑完全程，获胜者是美国斯坦福大学参赛队的机器车，名为“斯坦利”号，其行驶速度高达每小时38英里（约61千米）。这一戏剧性的转折应归功于软件和传感技术的进展。

车载激光器和雷达系统负责扫描地面，而机器学习算法则跟踪并分析图像。在它们的帮助下，由一辆大众途锐款多功能车改装而来斯坦利号得以轻松地绕过障碍并通过弯道。分析前方道路的概率算法，使斯坦利号避免了假想出根本不存在的障碍物。

斯坦利号并不像人，而两条腿的机器人RABBIT却能模仿人的步伐走路。美国密歇根大学安阿伯分校的控制论专家杰西·W·格里兹尔（Jessy W. Grizzle）在RABBIT身上测试了他新设计的行走与奔跑数学模型。RABBIT小腿的下方是一个圆形轮式端头，而没有采用脚的形状。由于它在静止状态下不能靠一只腿来取得平衡，因此与其他模型相比，RABBIT的模型更加充分地考虑了重力的影响。将来，机器人将不但具有令人刮目相看的功能，其外形也将更加讨人喜欢。（参见《环球科学》2006年第2期《无人战车关键一步》

一文及第11期《“球虫”机器人来了》一文）

撰文/布里·芬戈尔德（Brie Finegold） 翻译/郭凯声



■两条腿的机器人RABBIT行走的姿态与人相似。

DNA测序走上低价之路

借助不断进步的光学技术，1,000美元测出基因组序列的时代就要来临

几年前，个人基因组测序费用几乎是天文数字。但在2005年，测序费用急剧下降，从2,000万美元下降到200万美元。利用由美国哈佛大学医学院的乔治·M·丘奇（George M. Church）及其合作者（包括哈佛大学以及华盛顿大学圣路易斯分校的研究人员）共同开发的现有设备，DNA测序技术也许能实现一个伟大目标：到2015年，测序费用将降到1,000美元。如果真能实现这个目标，那么测出一个人的基因序列并用于日常医疗，将成为现实。丘奇的研究小组把相对便宜的显微镜与高速数码相机组合在一起，开发出了自行构建测序法（build-it-yourself）。

美国康涅狄格州布兰福德的454生命科学公司也采用了相似方法，利用相机与显微镜相结合的方法来检测DNA序列。与丘奇不同的是，该公司还采用了一项发光技术。通常，DNA测序需要借细菌之力来复制DNA，从而产生

大量需要测序的DNA片段的拷贝，但丘奇与454科学公司的方法却是利用微小的玻璃珠来“捕捉”DNA，再用酶来复制它。丘奇方法的测序速度约为常规方法的20倍，费用为14万美元。而454生命科学公司测序系统的效率约为常规方法的100倍，每台机器价格约为50万美元。

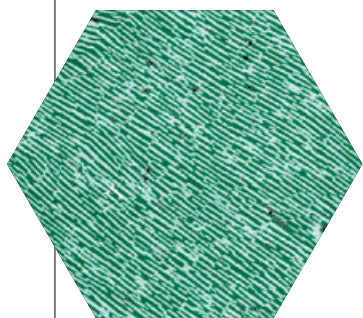
与这些光学技术形成对照，目前基因测序依赖于电泳技术（electrophoresis），即是利用电场，根据分子的大小与带电情况将分子分离开。IBM艾玛登研究中心的H·库马尔·维克拉马辛格（H. Kumar Wickramasinghe）发明了一项技术，他把电泳技术与原子力显微镜（atomic force microscope，能利用一根极其锋利的探针来扫描分子表面）结合在一起。即使长度只有40个核苷酸，这种方法能将DNA片段区分开来，分离速度是普通电泳法的10万倍。研究人员表示，他们的研究工作不仅有助于提高DNA测序的效率，还能以前所未有的控制技术，将分子输送到DNA的表面。（参见《环球科学》2006年第2期《1000美元测出你的基因组》一文）

撰文/查尔斯·Q·蔡（Charles Q. Choi） 翻译/褚波

新材料进展

设计人员已经制造出了从纳米棒到类似珍珠母的新型结构

当科学家在纳米尺度下操作构建组件时，就出现非同寻常的特性。德国拜罗伊特大学的纳塔利娅·杜布罗温斯卡娅（Natalia Dubrovinskaia）及其同事发现了钻石纳米棒，它们堆积在一起形成一种致密的碳形态，比钻石还坚硬。纳米棒材料的潜在工业用途十分广泛，包括切割和打磨合金与陶瓷。



■类似珍珠母的陶瓷材料展示了强度与韧性兼备的特性。

美国伦斯勒理工学院的普利克尔·M·阿贾扬（Pulickel M. Ajayan）及其同事也选择碳作为材料，建造具有超级弹力的弹簧。他们利用碳纳米管泡沫材料设计弹簧，这类弹簧集刚性和可压缩性于一体。垫子反复压缩，通常会被压扁，从而失去弹性。但是，

纳米管泡沫材料甚至在经受1万次挤压之后，还能保持弹性。这一性质使这种材料适合制造人造关节或减振器。

科学家从自然界获得灵感，创造突破性的材料。现代陶瓷坚硬，但是易碎；然而，软体动物的壳既坚硬，同时又保留了固有的韧性，因为它们具有精细的珍珠母分层结构。美国劳伦斯伯克利国家实验室的安东尼·P·托姆西亚（Antoni P. Tomsia）及其同事发现，他们只需要对富含羟基磷灰石（骨头的矿物质成分）的水悬浮液进行冰冻，就可以仿制出珍珠母。他们制造了一种类似珍珠母的多层材料，这种材料可以用于制造人造骨头、人造关节或组织再生。

从自然界获得灵感的研究成果，可能也有益于电子工业。电子工业经常需要在高温和强酸或强碱条件下生产硅膜或其他半导体。美国加利福尼亚大学圣巴巴拉分校的丹尼尔·E·莫尔斯（Daniel E. Morse）发现，在金的表面加上类似海绵体内的那些酶，他的小组就制造出了生长半导体膜的模板。来自普通海绵的灵感最终可能造就能量更强大的电池。

撰文/查尔斯·Q·蔡（Charles Q. Choi）翻译/冉隆华

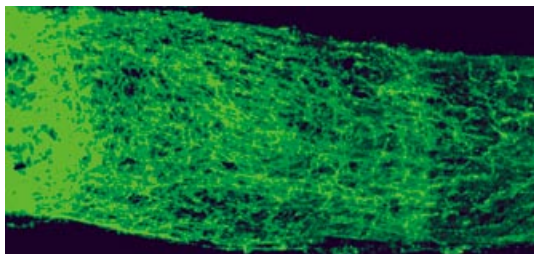
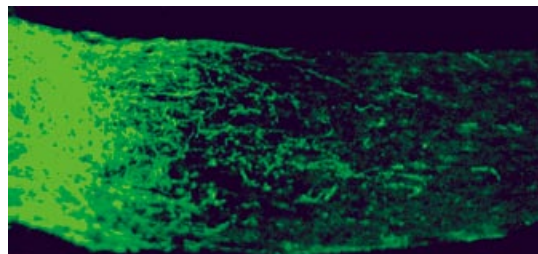
让盲人重见光明

能帮助盲人恢复视力的技术初露曙光，目前正在实验之中

传统观点认为，一个人到了成年阶段，一旦中枢神经系统（包括大脑、脊髓和眼神经）受到损伤，就无法治愈了。现在这种观点受到了挑战。美国波士顿儿童医院拉里·I·贝诺维茨（Larry I. Benowitz）及其同事发现了一种分子，比迄今为止科学家研究过的任何其他分子都能更好地触发神经再生（nerve regeneration）。他们发现，在受损眼睛中，免疫细胞即巨噬体要分泌一种蛋白质——癌调蛋白（oncomodulin）。他们还发现，加入一些化合物，

增强癌调蛋白的活性，视神经受损大鼠的神经再生便可增加5~7倍。贝诺维茨认为，癌调蛋白总有一天能够帮助恢复青光眼、肿瘤或创伤导致的视神经损伤，并打算研究这种治疗方法是否有助于治疗中风或脊髓损伤。

另一项发明为盲人带来了希望，也许可以使他们看见图像和录像。美国麻省理工学院高级视觉研究中心的资深研究员伊丽莎白·戈德林（Elizabeth Goldring）是位有视力缺陷的艺术家和诗人，她刚好开发了这样一种“视觉机器”。这种机器使用发光二极管，把图像直接投影到视网膜上，类似于医疗机构使用的扫描激光检眼镜，但是后者更昂贵。在一项小规模临床试验中，10个自愿者使用了视觉机器，他们中的大多数人都因为视网膜疾病或其他原因



■如果存在癌调蛋白，神经纤维就会发生再生（右）。这种蛋白质由免疫细胞分泌。

而被确定为法定盲人（符合法律上对视觉障碍的界定标准，对于这些盲人，光线仍然能够在视网膜上成像，但几乎看不清任何物体），6个患者正确地识别出了特别设计的、由词语和图片结合而成的10个视觉语言符号。

将来，另一种弥补术（prosthetics）可能使被截肢者使用来自残余肌肉的电信号，这样他们就能更加自然地运动人造手臂。美国约翰·霍普金斯大学的普罗塔哥拉斯·库

奇斯（Protagoras Cutchis）开发出了一种电极阵列，这种阵列不同于以往的技术，它植入末梢神经鞘周围，而不进入神经本身。这种电极能处理来自大脑电脉冲信号，最终指示手臂完成22种不同的动作，远远超越了以前那种只能朝3个方向运动的假肢。因此，当人体某一部位功能受损时，这些装置就能更好地弥补损伤带来的缺陷。

撰文/查尔斯·Q·蔡（Charles Q. Choi）翻译/冉隆华

大脑图谱和互联网中立原则 推行明智的公共政策，促进一系列技术发展

终级计算机

计算机以0和1的量子叠加形式（即量子比特）来储存信息，这种想法曾经是理论奇想，如今渐渐变成现实。2006年，研究人员终于制造出了能够对单个原子的量子状态进行基本存储和处理的微芯片，为同时控制数百或数千个原子铺平了道路。美国密歇根大学安阿伯分校的克里斯托弗·P·门罗（Christopher P. Monroe）和美国国家标准技术研究所的戴维·J·瓦恩兰（David J. Wineland）都制造出了仅能储存几个带电原子的芯片。

撰文/JR·明克尔（JR. Minkel）翻译/冉隆华

网络中立

最近，美国的一些电话和电报公司开始萌生这样的想法，对主要的互联网内容提供者——例如Google和Vonage按照使用带宽的“增量”情况收取额外费用。所谓网络中立，是指所有的互联网通讯都应按相同方式进行和收取费用。有人提议改变这种做法，这激怒了消费者团体，他们游说美国联邦通讯委员会铭记中立这一法规原则。美国哥伦比亚大学法律教授吴修铭（Timothy Wu）一直是网络中立支持派的领导者。

撰文/JR·明克尔（JR. Minkel）翻译/冉隆华

DNA 组件

纳米技术的一个分支主要致力于用DNA分子建造结构。2005年，英国牛津大学的一个研究小组与荷兰阿姆斯特丹自由大学联合攻关，描述了利用DNA建造四面体的情况，这个锥体有3个面，1个底。这种刚性结构宽10纳米，可以相信的是，它能够成为电子电路的构造组件，沿着

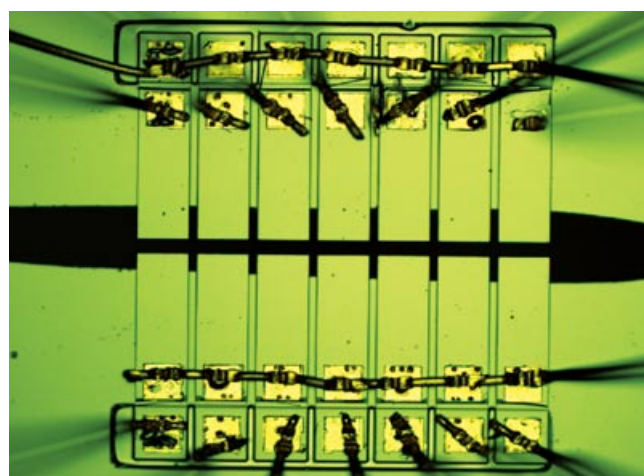
立体三维空间的众多路径传送电流。英国牛津大学的安德鲁·J·图贝尔菲尔德（Andrew J. Tuberfield）提出的这种方法，可以在几分钟内制造数万亿个这类结构。

撰文/加里·斯蒂克斯（Gary Stix）翻译/冉隆华

大脑图谱

3年前，微软公司创始人之一保罗·G·艾伦（Paul G. Allen）投资1亿美元，建立了艾伦脑科学研究所。研究所的第一个项目是艾伦脑图谱工程，目的在于加快绘制图谱，确定小鼠大脑每个基因在什么地方和什么时候产生活性。2006年9月，该研究所公布了完整的小鼠大脑图谱——一个包含2.1万个基因的三维图谱，细致到了每个细胞。因为小鼠和人类90%的基因相同，所以研究人员希望这张图谱有助于深入认识人类大脑发育、机能和疾病（括阿尔茨海默病、成瘾和自闭症等）的遗传问题。SN

撰文/JR·明克尔（JR. Minkel）翻译/冉隆华



■建于美国密歇根大学安阿伯分校的激光原子捕集装置，也许最终会实现建造量子计算机的梦想。

（责任编辑：董继平）

330 万年 地球最古老的小孩

撰文 黄凯特 (Kate Wong)

翻译 王道遥

阿法 (Afar) 这片干旱的不毛之地，位于埃塞俄比亚的偏远地区，一直是古人类学者最爱去的化石猎场。许多人族动物都曾经生活在那里。所谓“人族”(hominin)，是指人的始祖与黑猩猩的始祖分道扬镳之后，人这一旁支里的所有物种。也许是因为出土了“露西”(Lucy)化石，阿法这个地方闻名于世。露西是生活在 320 万年前的古人类祖先遗骸，属于南方古猿阿法种 (*Australopithecus afarensis*，以下简称阿法南猿)。现在，学者又在迪基卡 (Dikika) 发现了一具阿法南猿骨架标本，它距露西出土地点不过 4 公里。露西过世时已经成年，而新化石却是一个女童的遗骸，生活在 330 万年前。大家叫她“露西的孩子”。

其他古老的人类祖先化石，包括露西的化石，都不及这具骨骼完整。此外，迪基卡出土的化石是迄今发现的、最古老的人族儿童骨架，它给了科学家一个千载难逢的机会，研究我们远古亲戚的发育过程。美国亚利桑那州立大学人类起源研究所所长唐纳德·C·约翰逊 (Donald C. Johanson) 评论道：“如果说露西是 20 世纪最伟大的化石发现，那么这个孩子就是迄今为止，21 世纪最伟大的发现。”著名的露西化石正是约翰逊在 1974 年发掘出土的。



■孩子的脸：这是最近公开的阿法南猿化石，昵称“塞拉姆”，死的时候年仅3岁。塞拉姆的骨架比著名的露西还完整，露西的面颅大部分都没找到，而塞拉姆的面颅却异常完整地保存了下来。

惊人的发现

发现保存得如此完整、年代如此久远的古人类儿童化石，历史上尚属首次。它让大多数学者意识到：阿法南猿是我们人类的祖先。

2000年12月10日下午，由泽拉塞奈·阿莱姆塞吉德（Zeresenay Alemseged）率领的化石搜寻队发现了那个孩子的化石。当时阿莱姆塞吉德是美国人类起源研究所的博士后研究人员，现在他在德国莱比锡的马克斯·普朗克进化人类学研究所工作。一开始，化石只有一部分小脸露出地面，大部分骨架埋藏

“你不可能只是触动藏在某个地方的进化开关，就能像变戏法似地将一种四足动物，一下子转变成直起身子以两足行走的人。”

——唐纳德·C·约翰逊

在一块甜瓜大小的砂岩中。阿莱姆塞吉德回忆说：“我立刻就知道，那是人类化石。”因为它的眉骨平滑、犬齿小，还有其他类似人的特征。不过，进一步的鉴定，要等到化石全部取出后才能进行。而从石头里取化石非常费劲，必须小心翼翼，用牙医工具一点点地清理掉化石周围混凝土似的石质。

阿莱姆塞吉德花了5年时间，才把这具儿童化石的关键形态特征发掘出来，许多骨骼仍在沉积物中。尽管如此，这具化石已经提供了宝贵线索，让专家对南方古猿阿法种有了新的认识——大部分专家都认为，阿法南猿是我们这一属（人属）的祖先。2006年9月21日，阿莱姆塞吉德及其同事在《自然》杂志发表了两篇论文，描述了这具化石，以及发掘遗址的地质、古生物学脉络。同时，他们在埃塞俄比亚举行记者招待会，公布这一重大发现，并将这个孩子命名为“塞拉姆”（Selam）——在埃塞俄比亚的几种语言中，“塞拉姆”的意思都是“和平”——祈望正在阿

法地区交战的几个部落，能走向和平。

经鉴定，这具化石人骨属于1个3岁的女童，包括一个完整的头骨、一整副躯干骨，只有肢骨不全。就连比澳大利亚坚果（macadamia nut）还小的膝盖骨，也保存下来了。许多骨头仍然保持原有的连接，没有散开。这么完整的人类祖先化石实在罕见，儿童化石更为罕见，因为孩子的骨头脆弱多了，不易保存。保存得这么完整的儿童骨架化石，只有距今5万年前的一个尼安德特小孩的化石方可媲美。

行走还是攀爬

塞拉姆的双腿适于行走，上半身却有不少擅长于攀缘的显著特征。她究竟生活在地面上，还是生活在树上，学术界存在着分歧。

发掘团队里的乔纳森·C·温（Jonathan G. Wynn）是美国南佛罗里达大学的地质学家。塞拉姆保存得极为完好，加上遗址里出土的其他动物化石，使温恩相信，塞拉姆死后很快就被洪水淹埋。至于她是死于洪水，还是死后落水，尚不得而知。

虽然塞拉姆死亡时年仅3岁，却已经具备了阿法南猿的特征。例如她的口鼻部突出、鼻骨窄等特征，就与南非出土的汤恩幼儿（Taung child）截然不同——汤恩幼儿属于与之相关的另一个物种南方古猿非洲种（简称非洲南猿），生活在250万年前左右。塞拉姆的下颚很像哈达（Hadar）出土的人类下颚；而露西与其他阿法南猿化石正是在哈达出土的。

专家对阿法南猿的行动模式很感兴趣，但过去出土的化石都令人困惑，因为他们的形态特征是个拼盘，塞拉姆也一样。学者们同意，阿法南猿能在地面上以两腿行走。但是，

概述 / 最古老的孩子

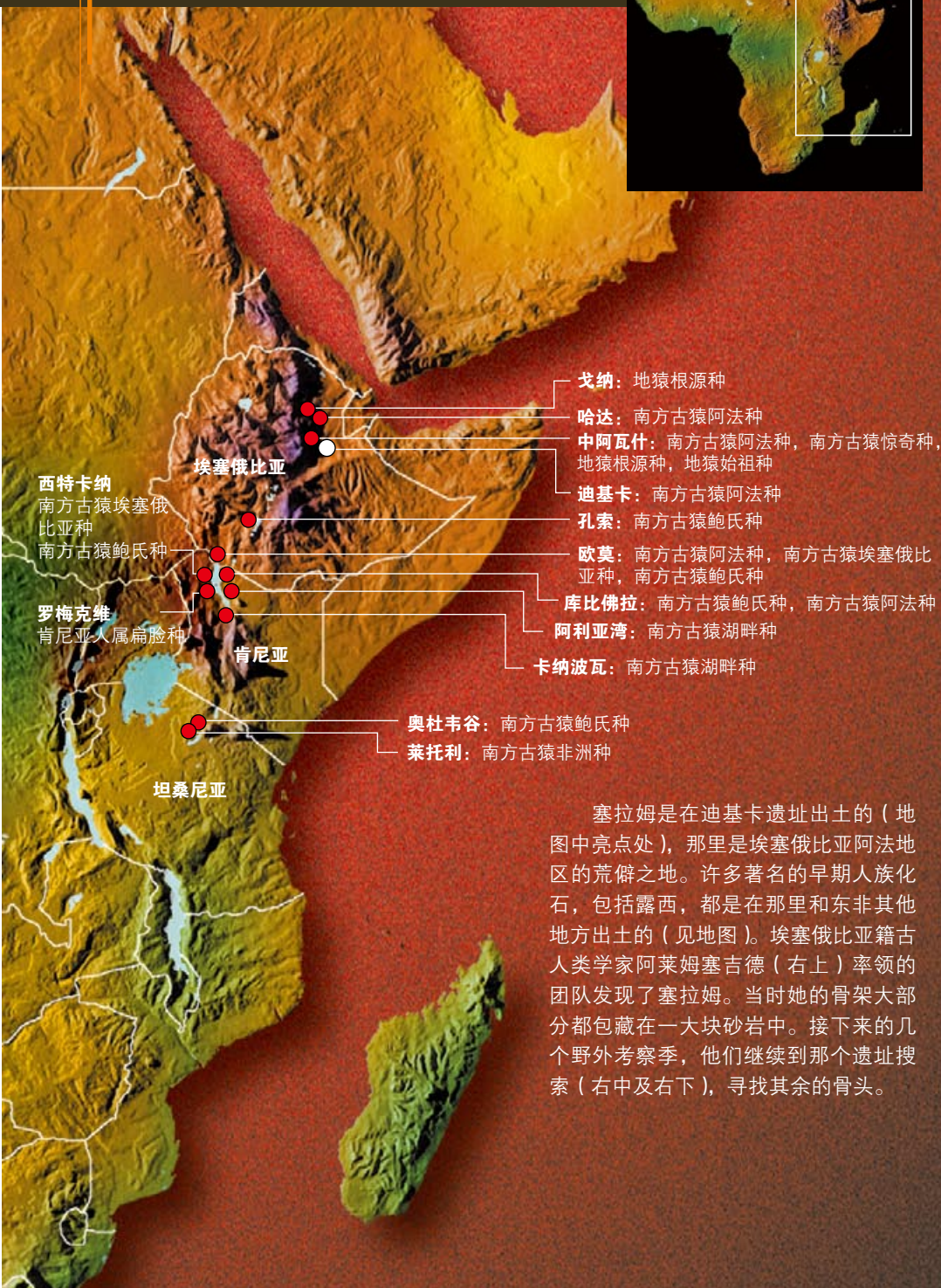
◆古人类学家相信，阿法南猿是人属的祖先。研究人员在埃塞俄比亚东北部发现了一具阿法南猿的儿童化石。

◆这具骨架非常完整，距今330万年左右，是人类化石记录中最早的儿童骨架。

◆这具骨架上，已知阿法南猿化石所缺失的部位，都保存下来了。这个标本对我们的祖先如何进化成两足动物这一过程提出了疑问。

◆迪基卡出土的这一儿童化石，对人类进化过程中身体其他部位的演变顺序，也可能很有启示。

生于斯葬于斯



塞拉姆是在迪基卡遗址出土的（地图中亮点处），那里是埃塞俄比亚阿法地区的荒僻之地。许多著名的早期人族化石，包括露西，都是在那里和东非其他地方出土的（见地图）。埃塞俄比亚籍古人类学家阿莱姆塞吉德（右上）率领的团队发现了塞拉姆。当时她的骨架大部分都包藏在一大块砂岩中。接下来的几个野外考察季，他们继续到那个遗址搜索（右中及右下），寻找其余的骨头。



从 20 世纪 80 年代起，对于阿法南猿是否也适应树上生活，爆发了争论。争论的焦点是，虽然阿法南猿的下半身已适应两足行走的行进模式，但他们的上半身仍然保留了许多原始特征，这些特征更适合树栖生活，例如长长的、弯曲的手指（适合抓住树枝）。争论的一方主张，阿法南猿完全

在地面上生活，他们上半身适于树栖的特征，不过是树栖祖先遗传下来的进化包袱；另一方则反驳说，要是阿法南猿几十万年都摆脱不了那些显著特征，那么就表示那些树栖特征还很重要——换言之，阿法南猿还没有完全生活在地面上。

引人入胜的化石

塞拉姆的许多骨骼至少还有一部分仍然埋在砂岩里，但是我们已经可以断定，她是已知最完整的早期人族骨架之一。下图是按成年阿法南猿画出来的，我们将科学家相信能在塞拉姆遗骨中找到的部分，涂上金色来表示。

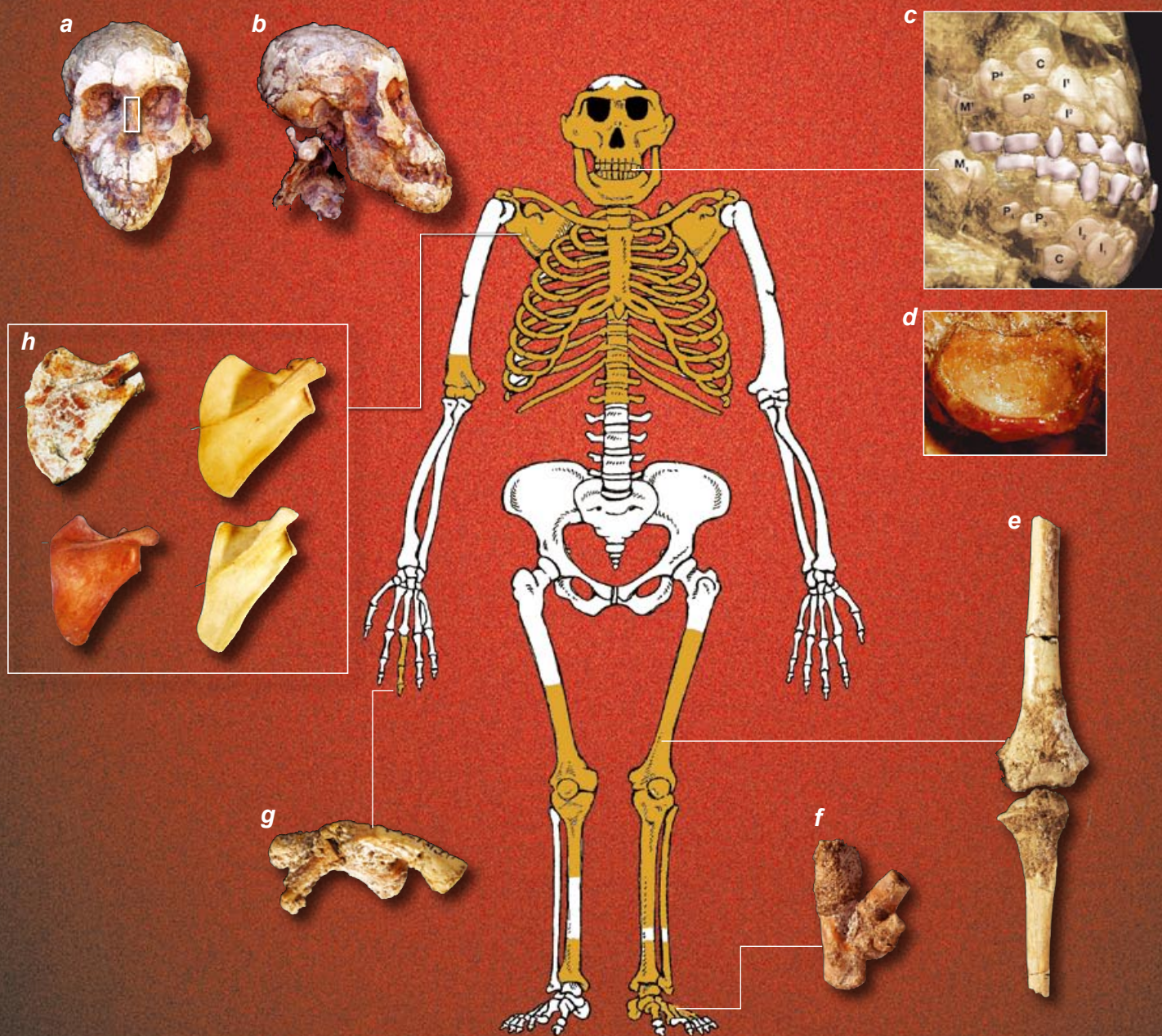
塞拉姆面孔的特征，包括小而窄的鼻骨（a），都表明她是阿法南猿，而不是与阿法南猿关系密切的非洲南猿。虽然她的大部分脑颅骨都没找到，但这具化石保留了在脑颅腔里自然形成的砂岩颅腔模型，上面有脑颅内壁的印痕（b）。从这个颅腔模型推测的脑量显示，阿法南猿的大脑比黑猩猩的脑子发育得慢，那是现代人的特征。

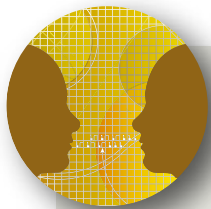
在以计算机断层技术拍摄的照片上，除了整套乳齿，还可以看见尚未萌发的恒牙（c）。在塞拉姆的遗骸中，还找到了十分脆弱的舌骨（d），它是固定舌头与喉头的关键零件。这是人类化石

记录上的第二个舌骨——第一个来自生活在6万年前的尼安德特人骨架。塞拉姆的舌骨形态显示，阿法南猿的喉头与黑猩猩的喉头比较类似。

塞拉姆与其他阿法南猿一样，腿骨（e）与足骨（f）有许多特征，表明她能以两腿在地面上行走。例如她的足跟，宽度与人比较接近。但是她的上半身，似乎有部分特征却与适应树上的生活有关。她长长的指骨有曲度（g），便于抓握树枝。她的肩胛骨关节类似于猿（朝向上面），而不像人（朝向侧面）。

不过，学者对塞拉姆的肩胛骨有不同的诠释。根据发现者的观点，它看起来与大猩猩的肩胛骨最相似。但批评者指出，塞拉姆的肩胛骨其实颇像人的肩胛骨，特别是肩胛骨背面骨脊上下侧供肌肉附着区域的比例（人类，下侧面积较大；猿类，上侧面积较大）。





读者提问录

本文初稿先张贴在《科学美国人》网站上（www.sciam.com），并接受读者提问，由作者黄凯特在网站博客上答复。以下即其中的一部分。

问：塞拉姆死亡时的年纪，是如何断定的？（斯蒂芬提问）

答：专家根据塞拉姆牙齿的发育状况，推断年龄。他们以非洲大猿的数据作为比较基础，推断出塞拉姆死亡时年仅3岁。但是阿法南猿的发育进程，肯定不同于黑猩猩、大猩猩，因此这个结论只是有根据的猜测，而不是定论。

问：塞拉姆的性别是如何推定的？（黛布拉·马丁提问）

答：根据计算机断层摄影测量技术，塞拉姆上下颌里的恒牙，齿冠已经完全成形。专家测量那些齿冠，再与已确定性别的阿法南猿比较，那些标本来自哈达、莱托利、马卡等遗址。结果，对塞拉姆牙齿的测量数据发现，这具化石与已确定的女性化石标本密切相关。

问：塞拉姆生存年代的不确定范围有多大？使用了什么技术来测定？（胡安·莫雷拉提问）

答：美国南佛罗里达大学地质系助理教授黛安娜·C·罗曼（Diana C. Roman），先测定了化石四周的火山灰层的年代，再推断化石主人的生存年代。一层火山灰是在塞拉姆死亡前落在迪基卡地区的；另一层则是塞拉姆死亡后落下的。罗曼根据化石在这两层火山灰间的相对位置，算出塞拉姆生存在距今331万年至335万年之间，不确定的范围在4万年之内。

问：专家不是可以用X光或类似的成像技术来探测吗？那就可以知道砂岩里还有哪些骨头了。（特蕾萨·米德提问）

答：发现者认为，砂岩里的骨头，每一块至少有一部分露了出来，不过也许有些小的骨头，完全埋在里面，从表面看不出

来。因此，现在只根据已经见到的骨头，似乎还无法确定这具骨架究竟有多完整。头骨倒是以计算机断层技术扫描过了，我们因而知道了化石的恒牙与内耳的形态。但是我不知道这个标本的其他部位是否也扫描过。

问：专家究竟在争论什么？我们的祖先必然是在某个时候从树上到地面来生活的，不是吗？此外，现在的孩子也喜欢爬树。（莫非这与我们的树栖史有关，只是我们自己不觉得而已？）（马修·T提问）

答：专家争论的问题是：阿法南猿适应地面生活的程度。没有人认为阿法南猿不会爬树——你说得不错，我们仍然能爬树。专家辩论的是，阿法南猿是否还适应树上的生活。这个问题很重要，因为以两腿在地面上走路是人类进化的重要特点，因此古人类学者对这个进化过程的细节非常感兴趣。

问：阿法南猿人生活在什么样的环境中？遗址中有没有能透露相关信息的动、植物化石？（“旅行者”提问）

答：在迪基卡，专家发现的动物化石显示，塞拉姆生活在潮湿、多样的环境中，有林地和草原，附近还有永久性的水源；与露西及其他具有代表性的阿法南猿的生活环境，非常类似。

问：动物能够持续地奔跑，有什么好处？（唐纳德·麦克米肯提问）

答：专家推测，持续奔跑的能力，对于早期人类祖先大有帮助，无论是猎杀动物，还是争夺腐尸，都能捷足先得，能让他们要么把猎物累垮，要么先于同伴获得猎物。

塞拉姆与其他阿法南猿一样，两腿适于行走，手指适于攀爬。但是她的肩胛骨给这场论争提供了新信息——过去没有发现过阿法南猿的肩胛骨。根据阿莱姆塞吉德的研究，塞拉姆的肩胛骨与大猩猩的肩胛骨最相似，尤其是她的肩关节，与猩猩的肩关节一样，都朝向上方，现代人的肩关节则朝向身体侧面，两者形成了鲜明对比。阿莱姆塞吉德说，这种向上的倾向也许有利于把两手高举过头顶，灵长类动物在树上攀爬，两手必须高举过头顶（尽管大猩猩成年后就不再上树了，可是它们在幼年时确会在树上消磨时光）。

此外，塞拉姆的内耳也进一步提供了树栖倾向的线索。阿莱姆塞吉德的团队利用计算机断层成像技术，能够探测塞拉姆内耳的半规管系统，这是维持平衡的重要器官。研究人员发现，塞拉姆的半规管与非洲大猿、非洲南猿相似。他们推测，这表示阿法南猿以两腿在地上行走

时，并不像我们现代人一样迅速、敏捷。我们也可以说，阿法南猿并不擅长于分别操控头颅与身躯的运动——我们能持续地奔跑，诀窍就在于人类有这种本领。

阿莱姆塞吉德的结论是：阿法南猿能以两腿在地上行走，但是其上半身至少有一些特征适应树栖生活。1983年，美国纽约石溪大学解剖学教授小杰克·T·斯特恩（Jack T. Stern, Jr.）及其同事，研究了露西以及同时代的其他古人类化石，得出了相同的结论。斯特恩评论道：“我很高兴知道，这篇论文表明了我可能是对的。”约翰逊同意，现在支持阿法南猿仍然要花部分时间在树上活动的证据，比过去有力得多。他说：“过去，我坚决相信阿法南猿完全生活在地面上，以两腿行走”，但是将最近的发现考虑进去后，

本文作者

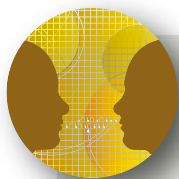
黄凯特，《科学美国人》网站编辑部主任。

他认为：“阿法南猿利用某些大树栖境，在夜里睡觉，或者采集熟悉的食物，并不是完全不可能的。”

学者研究早期人族物种（包括塞拉姆）的生活环境，得到的结论与他们兼行走与攀爬于一体的模式而生活的想法，颇为契合。今天，迪基卡是一片满布灰尘的丘陵，偶尔点缀着一棵树或一丛灌木。但在 330 万年前，那里是水源丰沛的三角洲，两侧有森林，附近有草原。美国佐治亚大学人类学助理教授勒内·博布（René Bobe）是阿莱姆塞吉德团队的一员，他评论道：“在这个栖息环境中，要是你发现了一种猿有时在树上活动，有时在地面上活动，那不足为奇。”

但是，并非所有人都赞同这种理论。美

国肯特州立大学教授 C·欧文·洛夫乔伊（C. Owen Lovejoy）就表示怀疑，他并不认为塞拉姆的肩胛骨与大猩猩的肩胛骨类似。他评论道：“塞拉姆的肩胛骨很原始，但是它更像人的，而不是大猩猩的。”洛夫乔伊一向坚持阿法南猿是完全在地面上生活的两足动物，他们的上肢有些特征让人觉得他们仍有部分时间生活在树上，那只不过“是他们过去曾经树栖的证据”而已。他认为，1978 年在莱托利（Laetoli，坦桑尼亚境内）发现的著名脚印，已经为这场辩论一锤定音。那行 360 万年前留下的脚印显示，留下脚印者的大拇趾没有抓住物体的功能。洛夫乔伊说，要是阿法南猿的大拇趾没有抓握的功能，就无法在树上有效地行动。



专家如是说

专家对发现塞拉姆化石各有看法，我们在此仅摘录部分观点。

约翰·霍克斯（John Hawks，美国威斯康星大学麦迪逊分校）怀疑，塞拉姆的出现能否终结一个有关人种的激烈争论。古人类学家在 2001 年宣布，在肯尼亚一个叫做罗梅克维的遗址上，他们发现了一个相当完整的头盖骨、一些颌骨和牙齿。他们判定，这些 350 万年前的遗骸属于一种新的原始人——肯尼亚人（Kenyanthropus）。怀疑者则反驳说，这些化石不过是阿法南猿的地域性变种而已。这个化石标本明显可以拿来与塞拉姆进行比较。但奇怪的是，在对塞拉姆的正式描述中，却没有提到肯尼亚人。

拉尔夫·L·霍洛韦（Ralph L. Holloway，美国哥伦比亚大学）希望，塞拉姆的大脑颅腔模型能够显示所谓的布洛卡区（Broca's region）和枕区（occipital region）的细节，足以揭示所谓“月状沟”（lunate sulcus）的后侧部位。月状沟是大脑表面一个弯曲的凹陷处，它的后侧部位也许会明确地揭示，塞拉姆大脑皮层的再组织模式更像今天的人类，而不像黑猩猩或大猩猩。

C·欧文·洛夫乔伊（C. Owen Lovejoy，美国肯特州立大学）认为，对于阿法南猿究竟是完全靠两足行走，还是仍然在树上生活，塞拉姆的化石并不是重新引发这一争论，而是给这一争论盖棺定论了——严格说来，它确实是两足动物。尽管它的肩胛骨与大猩猩的肩胛骨还有一些相似之处，但某些部分却与人类肩胛骨惊人地相似。而且，事实上这个幼儿在 3 岁就已经有了弯曲的手指，暗示着这一特征是原始祖先遗传下来的——这与因为抓握树枝而逐渐发育出弯曲手指的观点恰好相反，因此树栖说不过是树栖论者的想象而已。

勒内·博布（René Bobe，美国佐治亚大学）负责重建迪基卡的古代环境。他评论道，这个化石值得讨论的一个重要方面是，在迪基卡，学者可以研究与人类进化、气候变迁直接有关的古环境特征。迪基卡有个拼盘环境，水源充足、又有树林，甚至草原（那里有许多羚羊）。当时正处于气候朝着冰河时代变迁之前、人属出现之前、人开始制造石器之前，迪基卡的古环境信息使学者有机会研究创造人族的生物适应的环境条件。不过，不到 200 万年前，直立人（homo erectus）出现时，那里的环境已经以草原为主了。

威廉·E·H·哈考特-史密斯（William E. H. Harcourt-Smith，美国自然史博物馆）博士主张，塞拉姆上肢与内耳的特征是有力的证据，支持“阿法南猿有部分时间在树上生活”的论断。他说，学者分析过塞拉姆的脚骨后，发现她能移动大拇趾、抓握树枝，这非常有趣。他认为，这是人族中第一种十足的两腿行走动物，是人属的早期物种。

1974年，年轻的美国古人类学家唐纳德·约翰逊率领一支古人类考古队，在东非埃塞俄比亚的哈达地区不懈地发掘，希望能有重大发现。就在这一年的11月24日早晨，约翰逊及其学生汤姆·格雷驾驶一辆路虎越野车去考察另一个地点。一上午的野外工作之后，他们感到非常疲惫，决定回到车上稍事休息。

约翰逊建议抄近道，穿越附近的一条沟壑，走回路虎车。步行途中，他无意间发现了一根前臂骨，很快就确定它属于古人类。大喜过望之余，约翰逊穷追不舍，又陆续发现了一个头盖骨、一根大腿骨、一些肋骨、一个骨盆和下颌骨。后来经过两周的发掘，他一共发现了数百块骨头碎片，合起来约为一具古人类骨架的40%。

发现这具古人类化石的当天晚上，考古队在营地举行晚会，录音机一遍遍播放着甲壳虫乐队的歌曲《露西在缀满钻石的天空上》(Lucy in the Sky with Diamonds)，约翰逊灵机一动，便给这具古人类化石起名为“露西”(Lucy)。

露西化石的发现轰动了古人类学界。以前发现的古人类化石极其支离破碎，提供的信息极少；而露西化石的完整程度则高达40%，不能不说是一个奇迹。

古人类学家认为，人与非洲猿分道扬镳之后，逐渐进化成若干分支，这些物种各自朝着不同方向发展，人科动物便拥有了一系列区别于其他动物的特征，其中最显著的，就是人科动物以两足行走，也就是直立行走。露西的化石接近现代人的骨架，清晰地显示出它是两足动物。它的大腿骨末梢、骨节、骨盆、距骨、椎骨，都显示出了两足动物一些独有的特征，表明它在移动时能一条腿上平衡自己的躯干。种种证据表明，露西能直立行走。

露西的性别又是如何鉴定的呢？露西的骨骼留下的确凿证据显示，它属于古人类——南方古猿阿法种，这个种类的化石分为两大类，其尺寸泾渭分明：一类体格

较大（男性），另一类则较小（女性）。在对照了同时代的南方古猿阿法种的其他个体化石之后，研究人员证明，露西显然在女性之列。

露西的死因尚未确定。她的骨骼上没有死后留下的、明显的食肉和食腐动物（如鬣狗）的齿印，只在露西左耻骨顶端上才有一个食肉动物的齿印，不过这是露西生前留下的创伤，可能与她的死亡无关。

露西的骨骼表明她年仅20岁。她的第三磨牙（即智齿）已经长出来了，还稍有磨损，这表明她完全长大成人了。她所有的骨头末端和头盖骨都已长合，表明骨骼发育已经完成；她的椎骨显示出退变性疾病迹象，但这并非总是与老年有关。把这些证据放在一起，就表明露西死的时候已是年轻的成人，身高大约1.06米，体重在30千克左右。

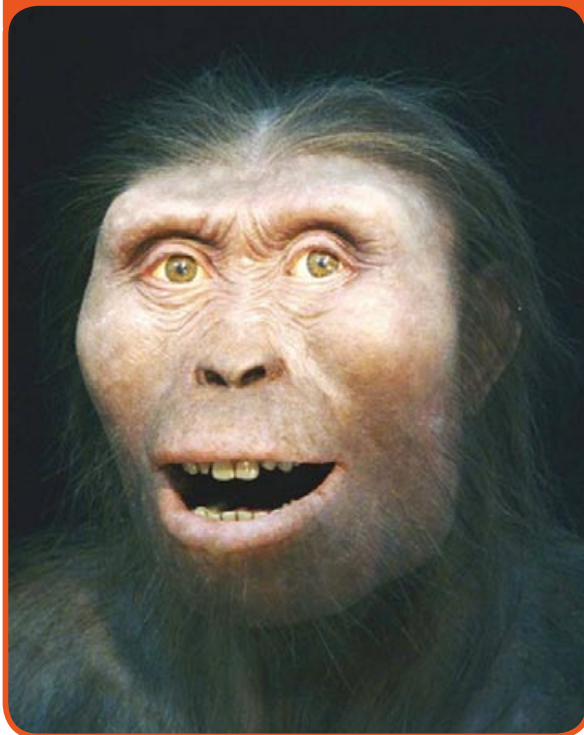
哈达地区埋藏古人类化石的沉积物分为3层，露西处于最高一层——卡达哈达层（即KH层）。虽然不能直接鉴定露西化石的年代，

但埋藏化石的沉积物中却含有火山灰，现在可以用 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 测定技术来探明其年代，再辅之以古地磁、古生物学和沉积学方面的研究成果，研究人员就能把露西的化石置于一个准确的年代范围内。最终结果表明，露西生活在320万年前。

当年，约翰逊根据与埃塞俄比亚政府达成的协议，把露西的化石带回美国克利夫兰市进行研究，大约9年后归还给埃塞俄比亚。如今，露西的“真身”特别妥善地保存在埃塞俄比亚首都亚的斯亚贝巴的埃塞俄比亚国家博物馆，陈列室里展示的是石膏复制品。而露西的发现者约翰逊本人，则于1981年在美国加利福尼亚州伯克利建立起了人类起源研究所，并任所长；1998年，他将研究所搬迁到美国亚利桑那州立大学至今。

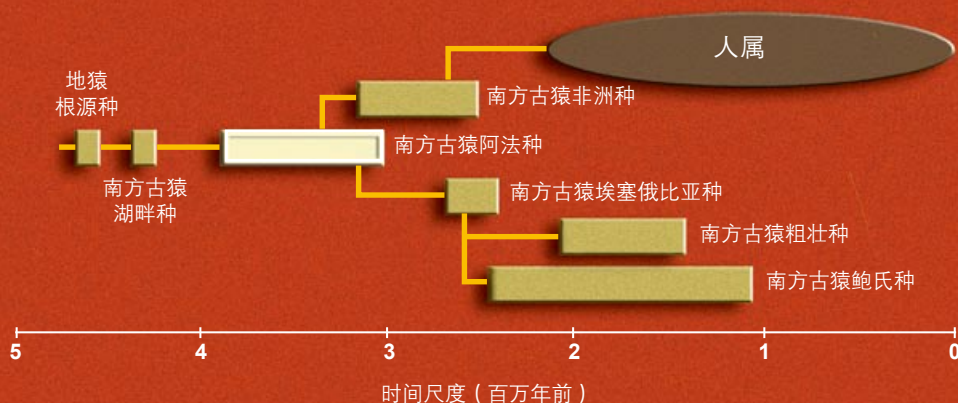
（撰文 / 李嘉）

发现露西



人类的早期祖先

南方古猿有好几个物种，阿法种（复原像见右图）只是其中一个。研究人员对于他们彼此的关系，有不同的意见，但是，大部分研究者都假定，阿法南猿是我们这一属（人属）的祖先（见下图）。



进化“拼盘”

塞拉姆的化石提供的信息，让学者逐渐认识到人类祖先生长发育及身体各部位变化的顺序，有望揭开人类进化过程中人与猿分离的诸多细节。

塞拉姆的骨架与猿类相似的特征有什么功能意义，也许专家还没有达成共识，但是他们都同意，人类祖先身体的不同部位，在不同的时候遭遇了自然选择。约翰逊说，阿法南猿是“‘镶嵌进化’（mosaic evolution）的好例子。你不可能只是触动藏在某个地方的进化开关，就能像变戏法似地将一种四足动物，一下子转变成直起身子以两足行走的人”。他接着说，自然选择两足行走模式，看来是下肢与骨盆最先进化，两足行走用不着的部位，例如上肢与肩膀，后来才变化。我们从树栖、似猿的动物，转变成在地上以两腿行走的人，对于这个“变化的顺序，我们开始了解得越来越多”。

分析塞拉姆的头骨，也发现了类似的演化“拼盘”。舌骨是固定舌头与喉头的构造，很脆弱，很少保存下来。塞拉姆的舌骨形状，显示阿法南猿的喉咙里有气囊，换言之，这个物种的喉头与猿类相似。另一方面，塞拉姆的脑子有“人味儿”。研究塞拉姆头骨化石里自然形成的砂岩颅腔模型，阿莱姆塞吉德的团队发现，3岁的塞拉姆的脑容量只有成人脑量的65%到88%。而黑猩猩到了3岁，脑容量已达成成年个体的90%以上。从这一点看来，阿法南猿的脑子发育模式说不定也更接近人。

至于这具新化石是否可以代表阿法南猿的幼儿？我们还需要更多化石才能回答。科学家当然期盼找到其他阿法南猿儿童的化石，最好是不同年龄的个体，以便比较，但这是可遇而不可求的事。不过，迪基卡出土的这位小女孩还有更多秘密有待挖掘。美国密苏里大学哥伦比亚分校的古人类学家卡罗尔·V·沃德（Carol V. Ward）评论道：“我想，这个标本的影响，在于它提供了南方古猿生长、发育的信息，不仅涉及身体各部位，而且还涉及一个个体各部位的相对发育速率。”

阿莱姆塞吉德自己怎么想呢？他估计，他得再花几年时间，才能将塞拉姆的骨骼全部从岩石里取出来。一旦完成了这件工作，他就能为这个3岁的阿法南猿重建近乎完整的身体，同时着手理解发育中的南方古猿的方方面面。SA

扩展阅读

New Look at Human Evolution. Special edition. Scientific American, Vol. 13, No. 2; 2003.

Becoming Human: Evolution and the Rise of Intelligence. Special edition. Scientific American, Vol. 16, No. 2; 2006.

Geological and Palaeontological Context of a Pliocene Juvenile Hominin at Dikika, Ethiopia. Jonathan G. Wynn et al. in Nature, Vol. 443, pages 332–336; September 21, 2006.

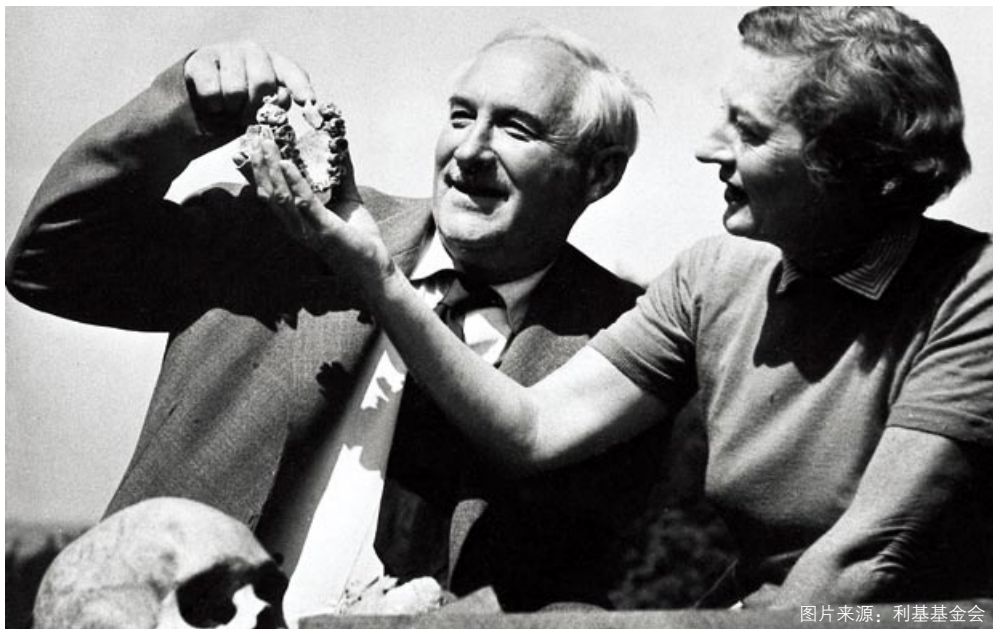
A Juvenile Early Hominin Skeleton from Dikika, Ethiopia. Zeresenay Alemseged et al. in Nature, Vol. 443, pages 296–301; September 21, 2006.

From Lucy to Language. Donald Johanson and Blake Edgar. Simon & Schuster, 2006.

古人类学的纷争往事

撰文 王道還

也涉及科学斗争。有时即使是事不关己的旁观者，也难以判明两者的因果。
『塞拉姆』的意义虽然是『和平』，可是她令人联想到的却是恩怨往事，涉及私人斗争，



图片来源：利基基金会

■ 1959年，利基夫妇发现震惊学术界的古人类化石，当时命名为“东非人鲍氏种”，后来并入南猿属，成为南猿鲍氏种。

古人类学的艰辛

话从头说起。古人类学是一个奇特的领域，有志于研究的人，必须克服重重困难，在其他科学领域中，对这些困难中的大部分都闻所未闻。最大的困难就是，古人类学者研究的素材（data）——化石——得来全凭运气。科学靠物证说话，要是连基本证据都得凭运气才能找到，有志于这一行的人又如何理性地计划研究生涯？

就算有人要与命运拼搏一番，想找古人类化石，也非得深入荒野，尤其是非洲的荒僻不毛之地，有些地方（如乍得的沙漠）正午气温甚至高达48℃。到那里搜寻化石，除了远离文明世界，还要经得起各种致病微生物以及虫蚁的折磨。大型哺乳类动物更成威胁：夜幕降临后，营地附近可能有狮狼徘徊；最糟的，还是陷入土著部落交战的枪林弹雨中。

此外，这一行的研究经费极为有限，只能支持少数的调查计划，竞争非常激烈。得到经费的人，有权站在起跑点上，但成败全看老天，没人说得准。

可是，即使老天垂怜，找到古人类化石，也得有诠释能力，为化石创造意义——为发现者的存在创造意义。因为化石往往

零零星星、破碎不堪，而要想了解一个物种的形态特征，必要条件是拥有足够数量的个体，不同性别、不同年龄的个体都得有，这样才能判断不同遗址出土的化石是否来自同一个族群。

1924年，第一个南猿人化石“汤恩幼儿”（Taung Child）在南非出土，科学界的主流意见认为，“汤恩幼儿”是猿而不是人。因为黑猩猩婴儿的确与人类婴儿在形态上很相似，谁敢说“汤恩幼儿”长大后不会现出“猿”形！

诠释化石的观点有很大的弹性，固然是“化石往往零星而不全”造成的，“化石猎人”成王败寇的现实，更使得私心有可乘之机。

在众多科学领域中，古人类学另有一个奇特之处：在西方，古人类学的资源极有限，职位极少，现实意义极微妙，却能经常荣登报纸的头版新闻。吸引媒体注意的“化石猎人”，才有机会影响大众视听、争取资源、猎取职位。于是诠释的本领就非常重要了。

化石发现者往往强调，自己找到的化石最有意义，如果不是最早的人科代表、最早的人族代表、最早的人属代表，那么就是最完整的化石人骨架、最完整的化石人头骨，这些才是值得荣登报纸头版的标题。

要是年代与完整的程度比不过他人，那么比类型也行：“东非又发现了一个新的古人类物种！”

难怪古人类学文献上充斥着奇异的物种名字，只有专家才知道其中的奥妙。他们即使为一般读者写文章，也喜欢卖弄。例如北京人，最早的学名是中国人属北京种，然后有人指出，北京人与生存年代更早的爪哇人（猿人属直立种）应是同一属，就改为猿人属北京种。最后，学界达成共识：爪哇人、北京人都是人属直立种，简称直立人，两者的形态差异最多只能解释成他们代表不同的“人种”（亚种）。（国内曾有一位历史学者以此为例指出：西方科学界将北京人的分类地位从“属”降到“亚种”，居心叵测，分明是贬抑东方人。）

“露西”之争

古人类学者历尽千辛万苦，在荒野中找到化石，若非坚毅卓绝之士，难尽全功。这样的人当然不甘屈居人后，要为“自己的”化石争权益了。树立新的种名是最直截了当的办法，属名更好，而且要强调绝非旁支，而是正宗。1974年底，刚得到博士学位的约翰逊找到著名的露西时，第一个念头就是：她是人（Homo），而不是南方古猿（Australopithecus）。因为他

要与利基父子媲美，想当美国的利基，甚至整个古人类学界的利基。

好在约翰逊找了精通比较解剖学的蒂姆·怀特（Tim White）合作，最后创造了南方古猿阿法种。不过，他们坚持阿法南猿是后来所有人族物种的共祖，包括南方古猿属与人属。原来利基家族在东非经营了半个世纪，找到的古人类化石也不过是露西的子孙而已。

利基一家当然极为恼怒。老利基（L. S. B. Leakey）出生在肯尼亚，从剑桥大学毕业后，自20世纪20年代起就在东非搜寻古人类遗址。他深信非洲才是人类的演化发源地，可是一再无功而返，直到1959年才时来运转，发现了一个南方古猿鲍氏种的头骨，因此声名鹊起。东非史前考古学与古人类学，可以说是利基家族数十年经营的成果。老利基过世后，他的夫人玛丽继续在坦桑尼亚奥都维谷中主持发掘、研究，他们的儿子理查德自20世纪60年代末才入行，从父亲手里接下肯尼亚国立博物馆馆长的职位，控制了肯尼亚境内所有遗址的调查与研究。

20世纪70年代初，约翰逊与怀特还是研究生时，就进入利基王国见习。理查德与约翰逊相处融洽，怀特跟着玛丽。哪里知道约翰逊与怀特获

得学位之后，竟然与利基家族为敌，处处争锋。约翰逊发现埃塞俄比亚阿法地区有更为古老的沉积层，化石蕴藏更为丰富，那里是利基家族势力范围的边陲。

人的根源

当然，约翰逊、怀特与利基家族的竞争，不完全是逞异夸能之举，还与古人类学传统中的一个古老信念有关。尽管科学界早就知道人是灵长类的一员，与猿有密切的亲缘关系，人毕竟与其他灵长类物种差异太大：人摆脱了浑身体毛；人直起身子以下肢走路；人会制造工具；人的脑子很大；人会说话，等等。即使人、猿同出一源，这些人类独有的特征也需要很长时间才能演化得完备吧？直到20世纪70年代，人类始祖在中新世（2380万~530万年前）中期出现，仍是学界的共识。

老利基夫妇一直不相信奥都维谷出土的工具是南猿制造的，他们主张，当年至少有两种不同的人同时生活在奥都维谷一带。制造工具是人属的标志，南猿是人族的演化旁支。他们找到的第一个人属化石，就是“能人”，意思是：会制造工具。能人生活在200万年前。自1969年起，理查德在肯尼亚西北部特卡纳湖东岸也发现了南猿与人属物种同时生活在当地的证据。

可是利基家族发现的化石人，全都生活在最近250万年之内，而露西则至少生活在320万年前。约翰逊的主张，表面上看来绝对站得住脚。古老物种与年轻物种的演化关系，很难以零星、不全的化石得出令人信服的论证。问题在于：不服的人负责举证；新的化石最能教人闭嘴。

自从20世纪60年代末，分子与基因的证据指出人与黑猩猩同源，距今800万~600万年前才分化，凸显

人族（hominin）

生物分类系统中，最基本的层次是“物种”。物种之上，由低而高，分别是属、科、目、纲、门、界。过去学者相信人与猿分属不同的“科”。从人的始祖开始，一直到智人，人类演化史上的所有物种，无论南猿人、直立人、尼安德特人，还是我们现代人，都属于人科。到东非搜寻古人类化石的学者，都说自己在寻找“人科动物”（hominid），找到之后，再仔细分辨是哪个物种。可是20世纪60年代末，美国加利福尼亚大学伯克利分校的生物化学家，以分子、基因为证据，主张人与黑猩猩拥有共同祖先。黑猩猩与人的遗传关系，比黑猩猩与大猩猩还要亲近。这么一来，传统的人/猿分类系统就得重组了。换言之，人只是猿的演化系谱中的一支而已。人、猿合为一个单独的科后，过去的人科就改为人族了。关于人族中有多少属，属之间的关系是什么，学术界分成单系论与多系论两大阵营。

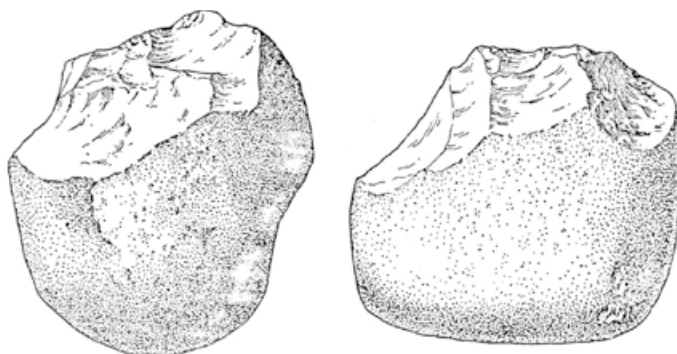
出上新世（530 万~180 万年前）是人类演化的关键时段。而这时的人类演化记录最为残缺，阿法南猿是已知唯一的人族物种。理查德相信，在上新世的地层中，一定还埋藏着其他类型的古人类化石。

露西之后，第一个上新世新物种是怀特团队在埃塞俄比亚阿法地区发现的地猿根源种，生活在 440 万年前，于 1994 年公诸于世。2001 年 7 月，他们又宣布发现了更古老的原始人，即地猿始祖种，生活在 580 万~520 万年前，正值中新世与上新世更迭之际。这时怀特与约翰逊已分道扬镳，可是他本来就是约翰逊团队中的“智囊”，因此他对中新世人族演化史的诠释，仍然是单系论：人类始祖→地猿始祖种→地猿根源种→南方古猿阿法种。

1995 年，理查德的妻子米芙宣布，在肯亚发现了生活在 410 万年前的南方古猿湖畔种；2001 年，米芙与女儿露易丝（Louise Leakey）又宣布，她们发现了一个 350 万~320 万年前的新属（肯尼亚人属扁脸种）。这表示，在 400 万~300 万年前，人族并不是只有一个演化支系。2006 年 4 月，怀特宣布他的团队在埃塞俄比亚阿法地区也发现了 410 万年前的湖畔种化石，遗址距离发现地猿根源种与露西的地点都不远。因此，怀特主张，湖畔人是地猿根源种与阿法南猿之间的过渡物种（参见本期第 44 页的演化系谱）。可是肯尼亚人扁脸种呢？这正是霍克斯提出的疑问（参见本期第 42 页“专家如是说”）。

正在单系论与多系论交锋之际，法国学者也参战了。

2000 年，一位英国学者与一位法国学者组织的调查队，在肯尼亚发现了一批极为古老的人族化石，主要是肢骨与牙齿，出土地层距今 610 万



■在奥杜韦谷最古老的地层中发现的两件砍斫器

~580 万年。研究人员把这批标本命名为原始人图根种（即千禧人）。

2001 年，另一个法国学者领导的团队在中非乍得发现了更为古老的古人类化石——“乍得撒海尔人”，于 2002 年公布，轰动一时。理由有二。首先，这个标本是个相当完整的头骨（缺下颚），估计脑容量约在 320~380 毫升之间，与今天的黑猩猩一样大，可是出土地层距今 600 万年；其次，东非出土古人类化石的地层，都在大裂谷以东，学者从来没有想到会在大裂谷以西找到人类始祖的起源地。

从这两批标本的形态特征来看，他们应该不是来自同一物种，符合多元论者的预期。人族的演化很可能一开始就是多系的，直到 4 万年前，地球上至少还有两个人族物种生存着。不过，我们还是得谨记：仅凭几个个体的标本，很难确定物种内的变异范围。

塞拉姆的意义

塞拉姆重新点燃了有关阿法南猿行走姿势的争论，再度提醒我们：过去对于人类演化过程的想象，大多基于想当然的假设。例如人类以两腿行

走的直立体态，学者过去一向认为是在草原上演化出来的。但是，上新世人族的栖境，都有显著的林地特征，而不是开阔的草原。

古人类学过去 150 年的历史，证明了：新出土的化石，只会制造问题，而不能解决问题。对于演化史，我们已掌握大体，例如人与猿有共同始祖，至于细节，只能凭借已知想象。新的化石带来新的线索，启发新的想象途径。

余话：

阿莱姆塞吉德在发表的塞拉姆报告上，特别注明他的野外考察经费一部分来自约翰逊主持的美国人类起源研究所。现在约翰逊是知名的科学经理人，负责公关、筹款、行政、教学，激发年轻人对古人类学的兴趣，培养新世纪的研究人员。怀特仍然是杰出、活跃的古人类学者，除了其他研究，每年都重返埃塞俄比亚搜寻化石。1993 年 6 月 2 日，理查德驾驶的小飞机不幸失事，致使他的两腿自膝盖以下截肢，他的妻子米芙担起利基家族古人类学事业的重任。他们的长女露易丝已经接班，与母亲一起到野外搜寻人族化石。📷

本文作者

王道還，1953 年出生于中国台湾台北市。台湾大学人类学硕士，曾在美国哈佛大学人类学系接受生物人类学专业教育，主修进化生物学、比较神经解剖学、比较神经心理学；目前任职于中国台湾中研院历史语言研究所人类学组。1997 年起从事翻译，已有译作 10 本。2000 年，与友人高涌泉（台湾大学物理学教授）、潘震泽（阳明大学生理学教授）游说台湾远流出版公司董事长王荣文，创办 Scientific American 台湾版《科学人》月刊，并担任编译委员，主持书评专栏，并撰写专栏“时光隧道”；同时参与《科学发展月刊》，担任常务编委，负责“科技新知”、“科学史”、“STS”等专栏。

古人类学简史

1863年

赫胥黎根据比较解剖学，指出猿与人相似的程度，大于猿与猴相似的程度。换言之，人的祖先可能是一种猿。



赫胥黎

1894年

荷兰解剖学家杜布哇正式宣布，他在印尼爪哇发现了一个远古人类的头盖骨(1891)和一根股骨(1892)，认为这就是人类的远祖，是猿朝向人进化的“缺环”，并称它为“直立猿人”。



爪哇猿人头骨化石

1929年

经过多年努力，中国考古学家裴文中发现了第一个中国猿人的头骨化石——北京人，生存年代比爪哇人晚。结合爪哇人和北京人的材料，学界确立了人类从古猿进化而来的理论，亚洲被看作是人类起源的摇篮。



北京猿人复原像

1959年

古人类学家路易斯·利基及其妻子玛丽·利基，在坦桑尼亚的奥杜韦峡谷发现了一个粗壮型南方古猿近乎完整的头骨和一根小腿骨。头骨特别粗壮，牙床上带有硕大的臼齿。利基夫妇将这个头骨所属的种命名为鲍氏东非人，后又改为南方古猿鲍氏种。他们认为，鲍氏种是粗壮型的东非种。鲍氏种的生活年代为175万年以前，这一发现使非洲得以代替亚洲，成为人类起源的摇篮。



南方古猿鲍氏种头盖骨

1974年

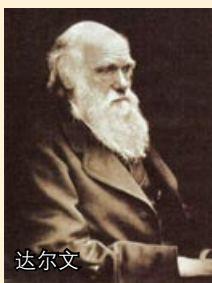
美国古人类学家约翰逊在埃塞俄比亚北部的哈达地区，发现了一具320万年前的南方古猿骨架，它的骨盆和膝关节表明，这类人科成员已经能够完全直立行走，约翰逊将这具著名骨架取名为“露西”，正式学名是南方古猿阿法种。虽然露西还不会制作工具，但约翰逊认为它是人属与已知南方古猿的共同祖先。



露西化石

1871年

达尔文推测，人类进化的起源是非洲。他的理由是，与人类最相近的两种大猿——大猩猩和黑猩猩都生活在非洲。



达尔文

1924年

达特教授得到了从南非的汤恩出土的一个幼年的“古猿头骨”，即“汤恩幼儿”。次年，他发表研究报告，指出汤恩幼儿是“一个人形的猿”，是已发现的与人的进化支系最近的一种灭绝的猿，并定名为南方古猿。但他的结论长期未被人类学界接受。



达特和汤恩幼儿化石

1936年

南非德兰士瓦的斯特克方丹采石场又发现一批化石。此后，南非其他地方也陆续发现了类似的化石。到50年代，南非总共发现了70多件南方古猿化石。学术界将在南非发现的南方古猿化石归为一个属两个种，即南方古猿非洲种和南方古猿粗壮种，并逐渐确立了南方古猿非洲种是人属类祖先的地位。



南方古猿头骨化石

1964年

路易斯·利基宣布，玛丽·利基与长子乔纳森·利基1960年-1963年在坦桑尼亚奥杜韦峡谷发现了一种比南方古猿鲍氏种更进步的人。其脑量比鲍氏种几乎大出50%，头骨的形状更为进步，牙齿比南方古猿鲍氏种小，生活于178万年前。奥杜韦峡谷出土的原始石器可能是他们制造的。根据达特的建议，路易斯·利基等人将之命名为“能人”(会制造工具的人)，作为人属的第一个早期成员。



“能人”复原图

1975年

约翰逊的团队再度在哈达地区找到了更多阿法种化石，大约代表13个个体，约翰逊叫它们“第一家庭”。



美国古人类学家约翰逊

上个世纪以来，尤其是近几十年来，古人类学研究不断获得重大进展，学者陆续发现了一系列震惊世界的古人类化石。到现在为止，人类的历史记录已提前到六七百万年以前，但这是指双腿直立行走的人，至于能制造工具的人，迄今为止最早的也只有 250 万 ~260 万年。随着科技进步和学者深入发掘，古人类研究还可望有重大突破。

1978年

玛丽·利基在坦桑尼亚的莱托利地区，发现了一组凝结于火山灰中的人类足迹。这组 370 万年前留下的足迹相当完好，对它们进行的年代测定也相当可靠。根据对足弓形态和步态的分析，可以认定是直立行走时留下的。上述发现是人类两足直立行走最早的证据。



莱托利的古人类脚印

1995年

理查德·利基的妻子米芙·利基，在肯尼亚特卡纳湖西岸，发现了 410 万年前的南方古猿化石，定名为南方古猿湖畔种。



南方古猿湖畔种

2000年

法国科学家宣布，他们在肯尼亚的图根山上挖出了一堆原始人的股骨、臂骨和牙齿，距今约 600 万年。由于无法归入现有任何属种，科学家为之定义了新属与新种，学名“原始人图根种”（记者叫它“千禧人”）。从其大腿骨来看，他们已具备了强健的下肢，可以直立行走，这说明他们已具有人族的主要特征。其上肢仍比较发达，可能还具有爬树技巧。



原始人图根种化石

2001年

美国古人类学家怀特的团队，宣布在埃塞俄比亚阿法地区，发现了 580 万年前的人族化石，命名为地猿始祖种。怀特认为，始祖种是最接近人族始祖的物种。



地猿始祖种的牙齿

2001年

法国学者米歇尔·布吕内在乍得发现了一个被称为“图迈”（当地土语，意即“生命的希望”）的生物颅骨、颌骨碎片和一些零散的牙齿，2002 年被命名为“撒海尔属乍得人”，把人类的进化史记录提前到六七百万年前。不过，这只是指以双腿直立行走的人，至于能制造工具的人，迄今最早的也只有 250 万年或 260 万年。



“撒海尔属乍得人”头盖骨

1994年

在埃塞俄比亚阿瓦什谷地 440 万年前的岩石地层中，美国古人类学家怀特（过去是约翰逊的搭档）陆续发现了 17~20 位人科成员的 50 块头骨、牙齿和上臂骨碎片。怀特称这批化石是“已知最类似于猿的人类祖先”，因而定名为地猿根源种，把人类历史延长到上新世初期。



美国古人类学家怀特

1996年-1997年

一支科考队在埃塞俄比亚阿瓦什地区中部发现一批人的化石，其脑量很小，只有 450 毫升，牙齿较大，生存年代在 250 万年前。研究者将之命名为南方古猿惊奇种。惊奇种具有许多阿法种的特征，表明它们之间关系比较密切，年代暗示它们之间有承袭关系。惊奇种有可能是最早会制作工具的人类，因为遗址里出现了原始的石器。



修补后的南方古猿惊奇种化石

2000年

由埃塞俄比亚古人类学家泽拉塞奈·阿莱姆塞吉德率领的化石搜寻队，发现了称为“露西的孩子”的女童化石。这具化石人昵称“塞拉姆”，意思是和平，生活于 330 万年前，死时年仅 3 岁。这副南方古猿阿法种的骨架，保存极为完整，专家发现她的两腿适于行走，手指适于攀爬。因此对于南猿阿法种究竟是完全在地面上生活，还是部分时间在树上生活，古人类学者又展开了争论。



塞拉姆的头盖骨

2001年

米芙·利基与女儿露易丝·利基发现了一个 350 万 ~ 320 万年前的新属——肯尼亚人属扁脸种。这表示，在上新世中期，人族并不是只有一个演化支系。



肯尼亚人属扁脸种复原图

2006年

美国古人类学家怀特的团队，宣布在埃塞俄比亚阿法地区，发现了 410 万年前的南方古猿湖畔种化石。怀特认为，湖畔种是地猿根源种与阿法南猿之间的过渡物种。



南方古猿湖畔种复原图



激励教育： 钢丝上的舞蹈

人们的暴力行为是因为自厌，还是自恋？

撰文：罗伊·F·鲍迈斯特 (Roy F. Baumeister)

翻译：王雯雯

几年前，一位年轻的心理辅导员向我诉苦，讲述了他辅导有暴力倾向的年轻人时遇到的困惑。他看到的实际情况与所学的知识完全不符。他发现，那些具有暴力倾向的人都是极端的自我主义者，极其自傲、极具优越感，但教科书的通常说法是，有暴力倾向的年轻人常常妄自菲薄。他和同事们觉得，不论看到什么，都

不能轻易背弃数十年来的学习信条，所以他们采用的方式，依然是鼓励年轻人正确认识自己，不过这些做法完全无助于缓解这些人的反社会倾向。

暴力倾向滋生于自卑的土壤，这个观点似乎是一个常识。遍布美国的顾问、社会工作者和教师们都有共识——满足年轻人的自尊心是约束他们的暴力行为，鼓励他们在人际关系

上和学业上取得成功的关键因素。因此，许多学校都会让学生列举优点，说明自己多么优秀；许多家长和老师都害怕批评孩子，惟恐对他们的心理造成严重的伤害，把一个前途光明的孩子变成一个暴徒或者可怜的失败者；在某些运动联盟中，甚至会让每个人都获得一座奖杯。

但现在有人开始怀疑，鼓励式教育是不是增强自尊的最佳方式。当我和同事们查看上个世纪90年代初的事例时，我们发现很多文章都千篇一律地引用“低自尊导致暴力”的这个“常识”。然而，在任何一本书或者文章中，我们都没有找到对这个理论的正式陈述，更别提支持这一理论的实验证据。每个人都知道这是“常识”，但没有人证实过它。

对“低自尊理论”不利的是，研究人员逐渐构建了一幅组合图像，描绘了一个低自尊者的形象，但和我们知道的那些攻击性犯罪者并不吻合。对自己持否定态度的人在生活中多半浑浑噩噩，没有任何迹象表明他们有不顾一切展示优越感的冲动。冲动性攻击是有风险的，但低自尊的人群却倾向于避免冒险。

面对这些矛盾，我们提出了另一种理论。对我们的思考至关重要的一个影响因素是，那些带有明显暴力倾向的人群，看起来都很自傲。萨达姆·侯赛因 (Saddam Hussein) 绝对不是一个谦虚、谨慎、自我怀疑的人；阿道夫·希特勒 (Adolf Hitler) 所沉迷的“优等种族” (master race) 理论，也绝对不是低自尊者喊出的口号。这些例子说明，导致暴力倾向的重要因素是自尊心过高，而不是缺乏自尊。

最终，我们把自己的假设表述为“胁迫性自我主义”。不是所有高度评价自己的人都有暴力倾向。良好的自我感觉不会单独生效，必须和威胁到

自我感觉的外界因素结合起来才会起作用，必须有人质疑它、争论它、破坏它。人们都喜欢把自己往好处想，都不愿意贬低自己。于是，当有人建议他们改正自己的看法，许多有着脆弱、不稳定的过度自傲性格的人就会攻击这个倒霉的建议者。

骄傲导致堕落

断言暴力倾向一定滋生于胁迫性自我主义，或胁迫性自我主义一定会导致暴力倾向，都是不正确的。无数的因素引发和修正着人类的行为。许多暴力行为本来与人们的自我评价之间没什么关系，但是，如果我们的假设没错，过度自傲提高了出现暴力倾向的几率。由于暴力实施者的行为的确和他们的自我评价有关，我们相信胁迫性自我主义起了关键作用。显而易见，这个新理论有助于我们找到有效减少暴力行为的方法。

那么一个社会精神学家该如何来确定，导致暴力行为的因素究竟是低自尊还是高自尊呢？由于没有一个放之四海而皆准的办法来理解复杂的人类行为，社会学家通常会用不同的方法进行多重研究。一个研究的结论也许会遭到质疑，尤其是有一种与之相对立的理论存在时。但是，当一个现象重复多次出现时，由此得出的结论就很难被忽略了。

在评价一个人的自尊心时，研究人员会问一系列问题，诸如“你和别人相处得如何？”“你在工作和学习上通常会取得成功吗？”等等。被测试的人从备选答案中选择答案，最后得到的总分一定会介于“消极”和“积极”之间。严格说来，把一些“自我评价很高的人”看成一个独特的人群具有误导性，但在这里，我暂且用这个名词来泛指在测试中得分偏高的人。统计分析能作出客观的评价。

许多外行人都有这样一个印象——自尊心的强弱会起伏不定，但测试后得到的分数却非常稳定。评价分数的日常变化很微小，即使经受了重大的打击，或者取得了长足进步，一个人的自我评价分数很快就会回到以前的水平，重大的改变只会发生在重要的生活转变之后，比如一个高中生进入大学后，他发现大学中的竞争要激烈、残酷得多。

想要定量统计暴力倾向是一件更加棘手的事，不过有一种简单的做法，就是询问人们是否有暴怒和打架的冲动。研究人员拿“口头询问”的结果和测试中的分数加以比较，结果只发现一些细小得可以忽略的联系，但是也有一个例外。20世纪80年代，美国佐治亚大学的迈克尔·肯尼斯（Michael H. Kernis）和同事一起，为受试者设置了不同的场景，然后观察每一个受试者的反应，从而推测自尊心的强弱是否会发生变化。他们的研究表明，最有暴力倾向的是自尊心较强而且不稳定的人。自尊心较强但很稳定的人是最为平和，而自尊心较弱（不论稳定与否）的人则处在两者之间。

酒精导致暴力？

另一种研究方法就是进行大范围比较。一般说来，男性的自尊心要比女性强，暴力倾向也更强；情绪低落的人自尊心较弱，暴力倾向也比情绪高涨的人低。精神病患者尤其容易攻击别人或者做出犯罪行为，而且他们通常自我感觉非常良好。

证据表明，杀人犯、强奸犯和其他罪犯自我描述时，他们口中的自我

形象不太系统，但轮廓很清楚。暴力犯罪者经常会把自己描述得很强大，是特殊的精英人才，需要得到优先对待。许多谋杀和暴力案件，都是因为暴力犯罪者的自尊心遭到打击，比如被嘲笑、侮辱，激怒了他们，才导致了灾难性后果（确切地说，在有些地方，备受尊重是身份与地位的象征，如果在这里对某人表示轻视，很可能招致报复，甚至生命都会受到威胁）。

研究其他暴力人群也可以得出同样的结论。黑道分子一般都会保持良好形象，一旦有人对他们的形象提出异议，他们就会实施暴力，游戏场地的小霸王们也认为自己比其他小孩强大。只有被欺负的人才会看不起自己，而欺负别人的小霸王只会“自大”。有着暴力倾向的人群一般都有明确的信念，不断强调自己的优越感。就像丹尼尔·希罗特（Daniel Chirot）在他那部传世巨著《现代暴君》（*Modern Tyrants*）中论述的一样，战争通常发生在高傲的民族之间，因为它们都认为没有得到应有尊重。

喝醉的人也是如此。大家都知道，在暴力犯罪中，酒精所扮演的角色非常重要。面对挑衅，大量的酒精会让人们更加愤怒，作出更加激烈的回应。虽然很少有醉酒与自尊心联系的研究，但是平常观察的结果还是非常符合自我主义的特征：酗酒往往会让人们的自我感觉更加良好。当然，酒精还有着许多其他效果，比如降低自我控制力，所以很难分辨哪种效果才是导致发酒疯的主要因素。

暴力行为也会作用于自身。自我中心受到威胁似乎是很多人自杀的原因之一。一个很好的例子就是，富有

本文作者

罗伊·F·鲍迈斯特是美国佛罗里达州立大学社会心理学研究生项目主任，擅长以社会科学仿真模拟技术来研究广泛的心理学问题。他最近的著作是《文化动物：人性、含义和社会生活》（牛津大学出版社，2005）（*The Cultural Animal: Human Nature, Meaning, and Social Life*, Oxford University Press, 2005）

而成功的人士一旦面临破产危机、遭到羞辱唾骂或者不堪舆论压力，他们就会自杀。

失衡的虚荣

这些发现证明低自尊引发暴力的理论并不正确。不过，在这些发现中并没有来自实验室的证据，而社会精神学家普遍认为，实验证据才最具说服力。在查阅过去的文献时，我们没有找到任何有关自尊心与暴力倾向之间的联系的研究论文。因此接下来的主要任务，就是进行相关研究。美国密歇根大学安阿伯分校的布拉德·J·布什曼（Brad J. Bushman）领导了这个实验。

实验面临的第一个困难，就是如何得到关于受试者“自我感觉”的可靠数据。我们用了两种不同的方法来检验受试者的自尊心，之所以用两种不同的方法，是因为即使没有得到任何结果，我们也可以自信地说，这不是人为因素影响的结果，而且仅仅对自尊心进行研究并不能让我们满意。胁迫性自我主义假说提出，只有一小群自尊心很强的人才会带有暴力行为倾向。为了找出这一群人，我们测试了有自恋倾向的人。

自恋是一种精神疾病，特征是我感觉过于良好、渴望过多的赞美、毫无理由和夸张的自我权利欲望、缺乏感情投入、待人苛刻、嫉妒别人或者希望被嫉妒、时常幻想自己很伟大以及傲慢自大。美国俄克拉何马州塔尔萨行为科学研究所（Tulsa Institute of Behavioral Sciences）的罗伯特·拉斯金（Robert Raskin）和同事，把这个概念延伸到了精神疾病之外，建立了一套用于衡量自恋倾向的标准。

我们把这套标准与衡量自尊心的标准进行了比较，因为两者虽然有联系，但是特性并不相同。自尊心强的

人并不一定是自恋者。他们也许非常擅长做某种工作，很快就能理解很多事情，但不会认为自己高人一等。相反，高度自恋、自尊心弱的人则非常少见。

下一个难题是如何在实验室测试暴力倾向。我们的试验方法，让两位受试者相互播放噪音。这种噪音令人很不舒服，人们都避而远之，所以这就成了真实攻击性行为的一个很好的替代品。

在实验中，噪音被加入到一场趣味竞赛之中。两位受试者在一起比赛，看谁的反应更快。反应慢一拍的人都要遭到“噪音伺候”，而噪音的音量和持续时间都由对手决定。这项试验和以前的研究截然不同。在以前的研究中，受试者分别扮演“教师”和“学生”的角色，一旦“学生”犯了错误，教师施以噪音或电击的处罚。有人认为这样的试验不够客观，因为一位“教师”可能真的相信，用电击和噪音作为惩罚是一种行之有效的教育方式，而不是出于自大和暴力倾向。

“极端自恋者”

为了研究胁迫性自我主义中的“胁迫”部分，我们要求受试者写一篇短文，表述他们对堕胎的意见。我们收起所有的短文，再“公开”分发下去，让两个受试者评价对方的文章。然后每位受试者都会拿回自己的短文，看到“对方”所写的评语。

其实，受试者看到的只是假象，那些评语是我们试验人员随机杜撰的。有些文章会给出正面评价，打上一个高分，还会写上评语——“无须修改，好文章！”有些则给出负面评价，打上一个低分，写上：“这是我读过的最烂的文章！”在发回短文和评价之后，我们会公布“反应时间比赛”的规则，让受试者开始比赛。

实验结果支持的是胁迫性自我主义的理论，而不是低自尊理论。暴力倾向最严重的是受到侮辱性批评的自恋者。而非自恋者（既有自尊心强的，也有自尊心弱的）的暴力倾向明显较低，受到赞扬的自恋者也是这样。

在第二次实验中，我们重复上一次实验，而且还加入了新的元素。我们告诉受试者，他们将和一个新人，而不是那个批评或赞扬了他们的人，来参加这场反应时间的比赛。被批评的意见激怒后，受试者会不会把怒气发泄在任何人身上？结果表明不会。自恋者用噪音攻击了冒犯他们的人，却没有攻击无辜的第三者。这个结果和其他大量的证据表明，暴力行为不会针对无辜的旁观者，这与传统观念相反。

从一个例子中，可以清楚看到自恋者的态度。当一家电视台参与了这个实验后，为了便于拍摄，我们让新的受试者参与了这个实验。一个在自恋度上得到98分的人表现得极具攻击性。实验之后，他观看了整个影片，并且还有权利拒绝播放这个片子。但他说：放吧——他认为自己很上镜。布什曼把他拉到一边解释说，也许他不情愿让全国观众看到在片中的那个形象——具高度暴力倾向的自恋者，因为影片中显示，他在得到评价之后随口就吐了几句脏话，然后大笑着实施了最高限度的攻击行为。但是那个人只是笑着耸耸肩，说他想上电视。当布什曼提出也许起码应该让电视台工作人员遮蔽他的脸部，从而隐藏他的身份时，此人疑惑地回答：“不！”事实上，他说他还希望这个节目能放上他的名字和电话号码。

我们的实验能不能反映外在世界的真实情况呢？在现实生活中，要研究具有暴力倾向的人不是件容易的事，但是我们得到了一个难得的机会，

测试了监狱里的两组罪犯，对他们进行关于自尊和自恋的问卷调查。曾有20多项研究以青年男子（大多数是大学生）为对象，规定了年轻人的自尊标准，于是我们以公开发表的标准为参考，比较了罪犯们的自尊心，结果发现，罪犯们的自尊心处于中等水平；可是在自恋度上，暴力罪犯的平均得分要比发表过的任何研究数据高出许多，这正是罪犯和大学生的最重要区别。如果设立监狱的目的是想教育年轻人，让他们不要幻想自己是“上帝赐予这个世界的礼物”，那么，这样的教育显然是失败的。

当我们公开关于自尊心和暴力倾向的研究以后，有些人便开始匆忙找寻支持低自尊理论的证据。他们找到的证据寥寥无几，而且都来自于问卷调查，但我们对这种结果表示怀疑。低自尊的人比其他人更加愿意承认不良行为，包括暴力行为；在自尊心测试中，一个得分低的人会很准确地说出自己做过的坏事。而行为测试，总能把暴力行为和自恋症联系在一起，在自恋和自尊测试中，都得高分的人也意味着他是最具暴力倾向的人。

内心深处

对这些发现，人们通常的反应是：“也许暴力人群只是在表面上对自己高度赞赏，其实他们在骨子里都是低自尊的人，只是他们不愿意承认罢了。”这个辩解有着一个逻辑上的错误。我们从大量的研究中得知，明显缺乏自尊的人是没有暴力倾向的，假如有暴力倾向的人真的缺乏自尊心，他们与其他低自尊者最明显的区别就是，他们把这一特点很好地隐藏了起来。由此可见，缺乏自尊心本身并不会导致暴力行为，将低自尊隐藏起来的原因才是暴力行为的根源。之所以要把这一点隐藏起来，是为了修饰他



■千万不要有损害自恋者形象的举动，否则就会遭到报复

们的自我形象——如此一来，就刚好与我们提出的理论吻合。

许多研究人员都试图找到暴力人群中最脆弱的地方，但是无一成功。美国加利福尼亚大学伯克利分校的马丁·桑切斯-扬科夫斯基（Martin Sanchez-Jankowski），花了10年时间和多名黑社会分子生活在一起，写下了一份最详细的、有关年轻黑社会分子生活的研究报告。报告中提到：“一些研究指出，许多黑帮成员外表坚强，内心却惶恐不安。这个结论是错误的。”挪威卑尔根大学（University of Bergen）的丹·奥柳斯（Dan Olweus）全身心投入对少年流氓的研究，他也认为：“与心理学家和精神病学医生普遍认可的假设相反，没有任何迹象表明少年流氓的内心是充满忧虑和不安的。”

上述言论并非言过其实。现阶段心理学还没有测量人性中隐藏面

的方法，尤其是那些连自己都不认可的人。迄今为止，对于暴力行为者在内心是自我怀疑的这一说法，还没有得到任何实验证据或者理论推断的支持。

虽然这个结论和传统的低自尊理论相悖，但并不意味着膨胀的自我形象就会直接导致暴力倾向。只要没有人侮辱或批评他们，自恋者并不比普通人更具攻击性。但是当他们受到侮辱时，哪怕只是鸡毛蒜皮的小事，回应也会比一般人狂暴得多。所以，不论起因和影响的细节如何，“胁迫性自我主义+具体情景”这个公式，都能准确预测暴力行为是否发生。

现在，很多学校或其他教育机构都在想方设法让学生“自我感觉良好”，增强他们的自尊心，对此，我们深感担忧。良好的感觉很可能把一个人推向危险境地，尤其是当这个感觉毫无由来时。我们的看法是，当学生取得成功或者做了好事，让他们感到自豪是没有错的，但是他们什么都没做，就鼓励他们高看自己，这就有太多的理由让我们感到担心。赞扬应该和表现联系在一起，而不可以随意地给予，仿佛每个人随随便便就能成为伟人。

缺乏自尊心的人不会随意使用暴力解决问题。相反，人们需要警惕自视甚高的人，那些本身实力并不高人一筹，往往依靠他人过多的赞誉才自我感觉过分良好的人，尤其需要多加防范。一旦有人戳破了他们自恋的气球，他们就会凶相毕露。❧

扩展阅读

Relation of Threatened Egotism to Violence and Aggression: The Dark Side of High Self-Esteem. Roy F. Baumeister, L. Smart and J. M. Boden in *Psychological Review*, Vol. 103, No. 1, pages 5-33; January 1996.

Evil: Inside Human Violence and Cruelty. Roy F. Baumeister. W. H. Freeman, 1997.

Threatened Egotism, Narcissism, Self-Esteem and Direct and Displaced Aggression: Does Self-Love or Self-Hate Lead to Violence? Brad J. Bushman and Roy F. Baumeister in *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 75, No. 1, pages 219-229; July 1998.

大鼠拥有人类无法企及的精细触觉：不用借助双眼，不需一丝光线，仅凭胡须，就能判断洞口的大小，迅速逃脱饿猫的追捕。大鼠的胡须中究竟暗藏着什么玄机？上世纪 70 年代，科学家似乎已经接近事实的真相：胡须受到刺激后，将信号传递给一个神经通路，神经通路再告知大脑，大脑最后下达行动指令。然而在 10 年后，一个意外的发现却让科学家不得不重新认识大鼠胡须下的神经网络……

神经语言

老鼠胡须下的秘密

撰文 米格尔·A·L·尼科莱利斯 (Miguel A.L. Nicolelis)

西达他·里贝罗 (Sidarta Ribeiro)

翻译 闫海亮

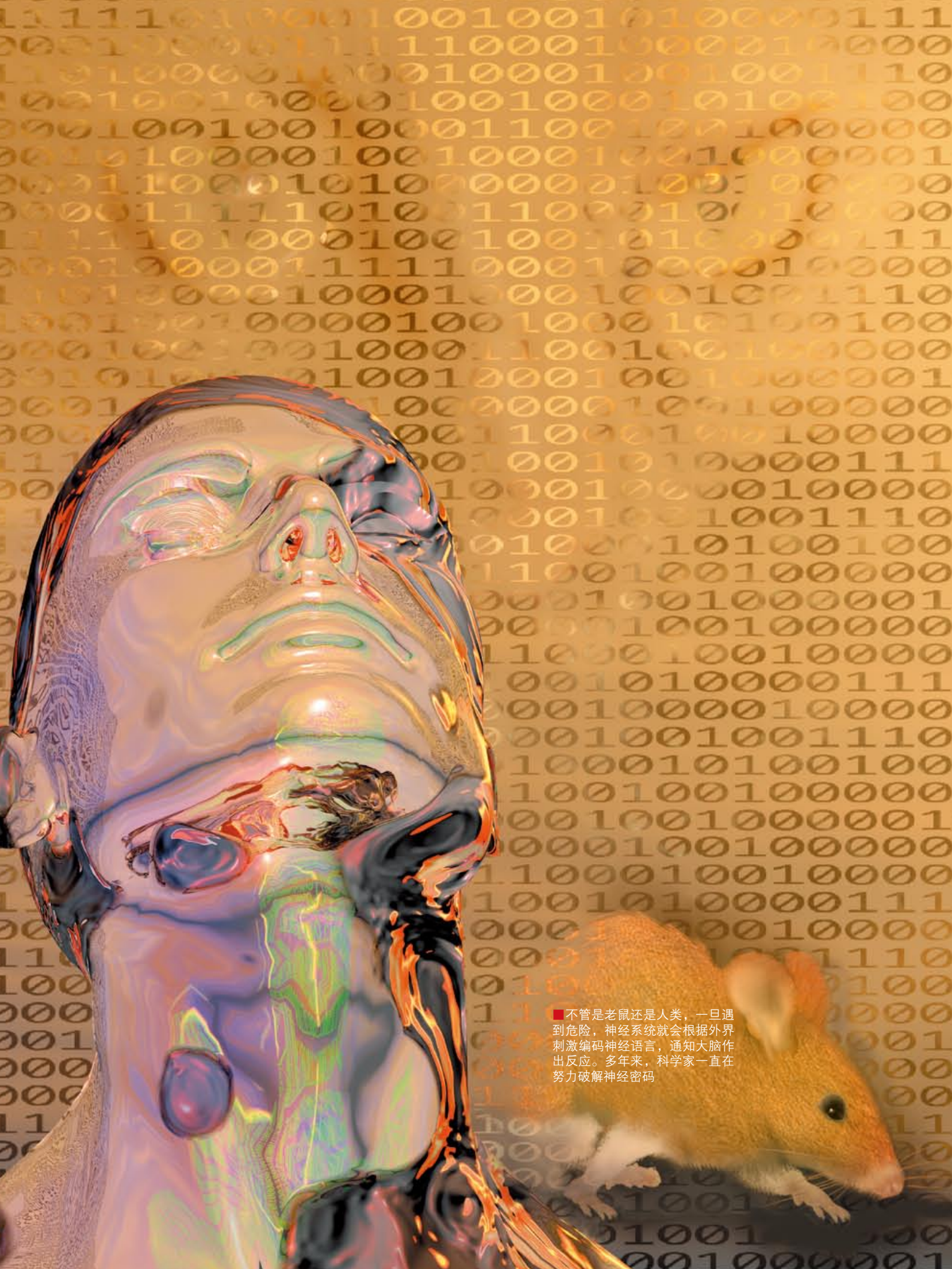
审校 张研 于龙川

电控滑门突然打开，一个漆黑却又熟悉的小屋子出现在 Eshe 面前。Eshe 毫不犹豫（很可能还惦记着圆满完成之后的那份奖品），立即跃进屋子，全速朝对面的墙壁奔去。不出所料，经过几个星期近乎苛刻的训练，Eshe 准确地完成了全套动作——看起来，它很乐意展现自己的才能。

在 Eshe 跑动路线的正前方，有一道狭缝，实验人员在狭缝前面安置了一束红外光线。Eshe 一跨过这道光束，实验就立即开始。从屋子两边伸出的两个 T 字形金属栅栏决定了狭缝开口的大小，Eshe 只有穿过狭缝才能到达房间对面的那面墙。它的工作绝不轻松：在没有任何光线的屋子中，它必须尽快估计出缝隙的大小，而且只能尝试一次。为了增加实验的复杂性和趣味性，每次试验中的狭缝大小都随机变化。因为看不到金属栅栏，Eshe 想要穿过缝隙，就只有一种方法——完全依靠精细的触觉来判断狭缝的宽窄。

令人惊讶的是，即使缝隙宽窄的变化不过几毫米，Eshe 辨别出这种变化的成功率，也达到 90%。长在嘴角上的长胡须犹如功能强大的探测器，利用胡须末端去触碰两侧的金属栅栏，Eshe 能在 150 毫秒内得出结果。从人的角度来看，Eshe 的表演不亚于一次壮举，因为对任何人而言，用一根胡子或髭须就想判断出缝隙的大小，几乎是天方夜谭。

Eshe 是一只大鼠。在它每根胡须的根部，都有许多特殊的外周感觉器官，也就是机械感受器 (mechanoreceptor)，可以将触觉刺激的主要特征转换成大脑能“听懂”的语言——电信号。与人一样，在大鼠体内，通过大量遍及全身的外周神经，电信号被传递到多个互相连接的脑区中，从而形成一个巨大的神经回路（躯体感觉系统，somatosensory system），用以储存我们全部的触觉信息。也正是由于这个巨大的神经回路，才产生了我们内心的认知体验：自我感知。



■不管是老鼠还是人类，一旦遇到危险，神经系统就会根据外界刺激编码神经语言，通知大脑作出反应。多年来，科学家一直在努力破解神经密码

然而，大脑又是怎样将电脉冲转换成各种各样的精细知觉呢？长期以来，这个巨大的谜团，一直是脑科学研究的热点。我们究竟是谁？破译神经密码，就能打开一扇门，有助于理解问题的本质。当大量的微弱电信号在大脑里组合、传播，我们就有了语言与感知周围世界的能力，爱与恨、记忆与梦想，甚至我们种族的历史，都会在大脑中一一呈现出来。

专用神经通路

30 多年前，科学家都认为神经脉冲沿着一条专用的神经通路直达大脑，到了 20 世纪 80 年代后期，英国科学家阿姆斯特朗-詹姆斯的实验结果向这一理论提出了挑战。从此，人们对神经脉冲传播的认识开始慢慢转变。

毫不知情的 Eshe 其实已经参与了一项实验，目的就是为了解开上述谜团。它决定用胡须来完成任务绝对是一个合适的选择，因为胡须是判断洞口大不的关键。

大鼠的胡须一旦被触动，胡须根部的机械感受器就会感知到胡须的偏转，将它转换成一种快速变化的微弱电脉冲，即动作电位，来描述刺激的位置、强度和持续时间等信息。三叉神经系统（trigeminal system）是躯体感觉系统的一部分，该神经网络的功能

是传递和处理来自于面部的触觉信息，胡须发出的电脉冲正是通过这里传递给大脑的。Eshe 和它的同伴们只须利用胡须收集到的触觉信息，就能在不到一秒的时间内“计算”出缝隙的大小。它们是如何做到这一点的呢？要解答这个问题，也许先得弄清楚另一个问题：在三叉神经系统中，数量众多的神经元在处理传入的感官信息时，是如何“相互交流”的。

我们为什么要研究这个课题？当然，并不只是想知道仓皇的大鼠如何从饿猫的爪下逃生，而是要揭开更多的秘密。从 20 世纪 70 年代起，神经生理学家就开始研究啮齿类动物的三叉神经系统，试图解答一些基本的神经问题，看清神经密码的本质。为了破译神经密码，我们和世界各地的实验室都做了大量的研究工作。关于神经密码的假设发生了怎样的改变，还有多少秘密尚待破解，这些从我们的研究工作中可见一斑。

30 年前，一个叫作“专线”模型的理论得到了大多数神经生理学家的认可。这一理论认为，躯体外周产生的感官信息通过大量的并行神经通路传递到大脑的新皮层。从本质上说，感官信息的传播会经过一个严格的前馈回路，正是这个回路将外周的感觉器官（比如说大鼠的胡须）与更高级的大脑结构连接起来。

20 世纪 70 年代，在小鼠的大脑初级躯体感觉皮层（S1）中，美国约翰-霍普金斯大学医学院的汤姆·伍尔西（Tom Woolsey）和亨里克·范德卢斯（Henrick Van der Loos）发现了类似三叉神经系统的信息交流通路。

于是，专线模型得到了极大的发展。与其他哺乳动物一样，小鼠大脑皮层也可以分为 6 层，每一层都有不同的纹理，分布着不同的神经元类型。从最外层到最内侧的皮质层，依次被编号为 I 到 VI。从小鼠的大脑中，伍尔西和范德卢斯提取了包含全部 S1 皮层区的组织块，制作了横跨整个皮质宽度的薄片，然后再给这些组织切片染色，检测其中是否存在细胞色素氧化酶（cytochrome oxidase，缩写为 CO，存在于线粒体上，与细胞的剧烈活动有关）。

伍尔西和范德卢斯的发现让他们大吃一惊：在第 IV 皮质层中，有许多与众不同的神经元，它们富含细胞色素氧化酶，行列分明地排列着。成千上万的神经元紧密堆叠在一起，构成了一个个水桶状的细胞簇——伍尔西和范德卢斯把单独的细胞簇叫做“桶”，把细胞簇构成的完整阵列叫做“桶阵”。最让他们惊讶的是，这些“桶”可以与小鼠嘴上的胡须一一对应，整个“桶阵”形成了一幅漂亮的、稍微有些变形的鼠嘴状图形。

很快，科学家就在大鼠的皮层中发现了相似的桶阵排列，进一步的研究证实，在皮层下的结构中，比如脑干和丘脑，也存在同样的鼠嘴状图形。只不过在这些结构中，细胞簇被称作“小桶”（barrelet）和“类桶”（barreloid）。后来，科学家发现，其实在三叉神经系统上，每一个皮层下的连接区域都有一些这样鼠嘴状图形，从而证明大鼠面部胡须上的外周感受器与 S1 皮质区是直接相连的。

当某块皮肤受到刺激，就会诱使一个神经元产生动作电位，作出反应，用感觉神经生理学家术语来说，这块皮肤区域就是这个神经元的“感受野”（receptive field）。就啮齿类动物的躯体感觉系统而言，“专线”模型最重

环球科学小词典

动作电位是指可兴奋组织或细胞受到刺激时，发生的快速、可逆转、可传播的细胞膜两侧的电变化。

前馈是与反馈相对而言的，反馈是指后出现的活动反过来作用于先前发生的活动，而前馈是指前面发生的活动对后面发生的活动的影响。

概述 / 编码神经信息

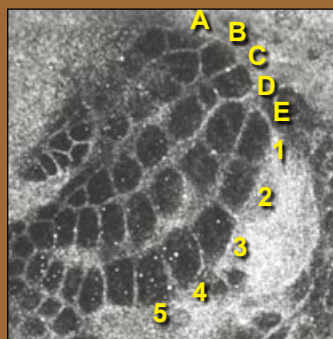
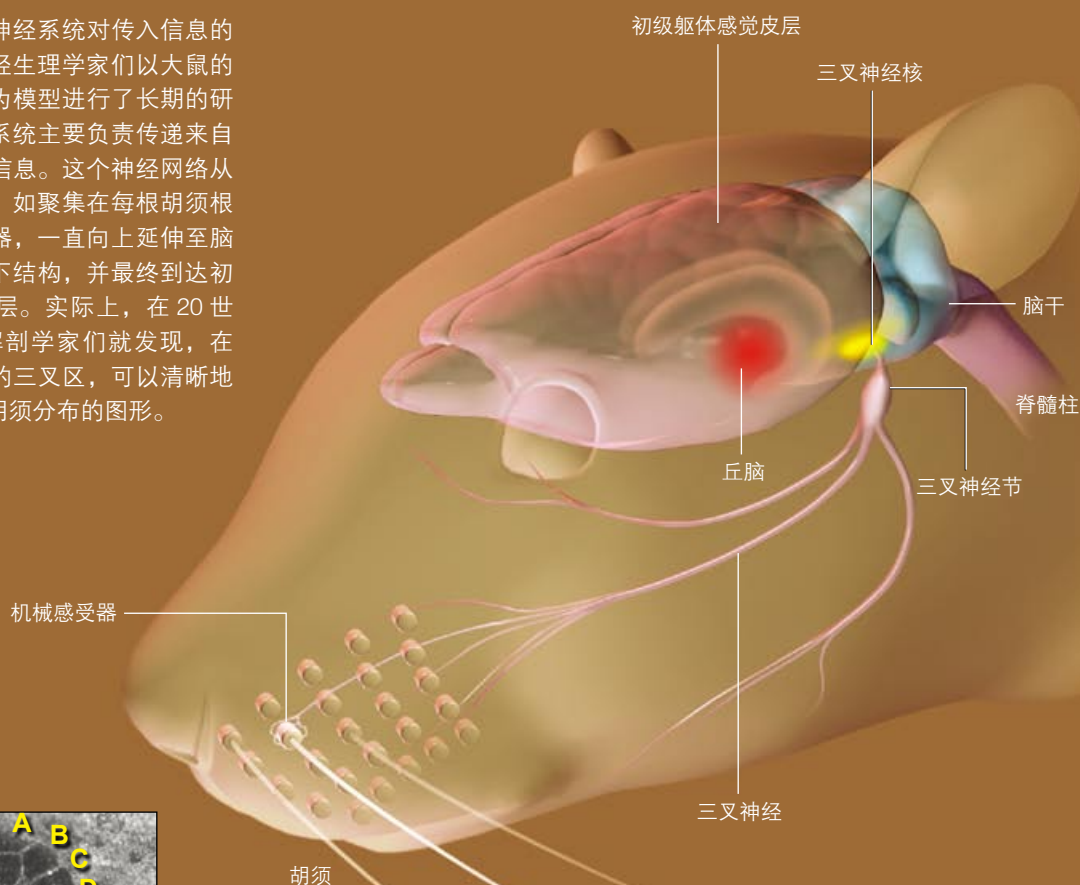
◆ 电脉冲风暴席卷中枢神经系统，然后以某种方式转换成思想、情感和感觉。几十年来，神经科学家一直在尝试破解神经语言。

◆ 早期关于感觉认知的假设是，在刺激感受器和更高级的大脑处理中枢之间，信号沿着相互分离的神经通路，严格地向前单向传递。

◆ 科学家监测了感觉传递通路上大量的神经元后，发现神经元群整体的时空反应模式才是编码信息的方式。

感觉网络

为了研究神经系统对传入信息的处理过程，神经生理学家们以大鼠的三叉神经系统为模型进行了长期的研究。三叉神经系统主要负责传递来自于面部的感觉信息。这个神经网络从外周的感受器，如聚集在每根胡须根部的机械感受器，一直向上延伸至脑干、大脑皮质下结构，并最终到达初级躯体感觉皮层。实际上，在 20 世纪 70 年代，解剖学家们就发现，在皮层和皮层下的三叉区，可以清晰地看到大鼠面部胡须分布的图形。



皮质桶阵

神经元紧密堆积在一起，形成了水桶状的细胞簇。这些细胞簇在大鼠的躯体感觉皮层区形成了一个“桶阵”——形状有点像一个稍显扭曲的大鼠面部。纵横排列的神经元簇体现了大鼠嘴巴上胡须的排布状况。因此，根据一一对应的位置关系，科学家曾经推断一个“桶”对应一根胡须。

要的预言就是，位于三叉神经系统中某个“桶”上的单个神经元，它的感受野，或者说管辖区域，应该严格局限于某一根主要胡须（以下简称主须）。

到了 20 世纪 80 年代后期，一些反面结果开始挑战这种观点。例如，当时英国伦敦大学的神经生理学家迈克尔·阿姆斯特朗-詹姆斯（Michael Armstrong-James）将大鼠麻醉后，记录了很多皮质“桶”中单个神经元的活动情况。尽管他可以鉴别出，大多数皮质神经元确实对应于某根主须，

不过他也发现，单个神经元可以对主须周围胡须上的偏转作出应答。

阿姆斯特朗-詹姆斯提出，大鼠皮质“桶”中的单个神经元的感受野，并不局限于某一根主须；相反，一个神经元所管辖的区域可能还包括主须周围的一些胡须，它们的偏转可以使神经元产生较弱、较慢但仍然非常重要的触觉反应。在当时，这种观点几乎是一个异端邪说，在神经研究领域引发了巨大的争议，但这只是一个开始——在随后的十年中，科学家对神

经编码的认识发生了巨大转变。

群体的力量

在后来的研究中，科学家发现神经元不是孤立的，而且每个神经元支配的皮肤区域也随着动物的身体状态发生着变化。不管是在大鼠实验中，还是在数字模拟方面，科学家得到的数据都清晰地显示，只有综合数十个神经元的活动，大脑才能对外源刺激准确定位。

阿姆斯特朗-詹姆斯采用的技术，可以从被麻醉的大鼠身上逐一记录

单个神经元的活动，在1989年，这大概算是顶尖的探测技术了。不过在当时，本文作者之一尼科莱利斯和约翰·K·蔡平（John K. Chapin，目前任职于美国纽约州立大学南部医学中心）决定，利用一种新方法的同时监听多个独立神经元的电活动。

起初，我们的研究重点是腹后内侧核（ventral posterior medial nucleus，缩写为VPM）中“类桶”上的神经元。VPM是丘脑的一个结构，而丘脑则是将外周传入的信息投射到初级躯体感觉皮层的主要核团。初步的研究结果证明，这些VPM神经元的感受野极大，包括了多根胡须。就像阿姆斯特朗-詹姆斯在皮层中发现的那样，VPM神经元的最强烈、最快速的反应源于他们各自主须的偏转，因为主须限定了感受野的中心；而稍弱、稍慢

的反应则由周围的胡须刺激诱发。

实际上，随着大鼠从麻醉中逐步苏醒，每个VPM神经元的感受野范围都会显著扩大，有时甚至包括了大鼠同侧面部上的大多数胡须。此外，受刺激的胡须不同，VPM神经元作出反应的延迟时间也会不同，因此随着刺激后时间的变化，每个神经元感受野的管辖范围也随之变动。换句话说，我们不能简单地界定神经元感受野的中心和边界，除非我们指定一个确切的时刻。

神经元应答的这种动态时空特性是一种优势，一旦外周触觉信息的传入发生了变化，细胞就能立即重组它们对外界刺激的反应。例如，大鼠面部的一小块皮肤被麻醉后，在几秒钟内我们就可以观察到这样的结果：VPM神经元的感受野重新组织了一

次，以便适应触觉信息传入的新模式。

得到上述结果后，我们立即进行更进一步的实验。实验中，我们需要在脑干、丘脑、三叉神经系统接替核等多个部位，同时监测数量更多的单个神经元活动，这迫使我们采用了难度更高的实验技术。最终，我们成功地进行了多位点、多电极的记录，在每只大鼠身上可以同时监测5个神经结构上多达48个神经元的活动。

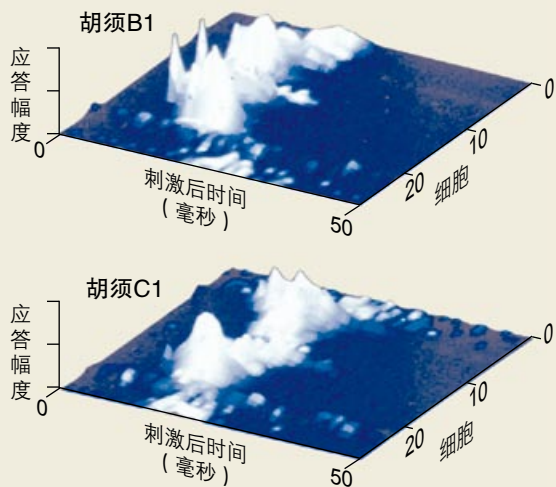
在动物的感觉传导通路上，进行如此全面的空间取样还是第一次。清晰明了的实验结果令人震惊：动物清醒时，单根胡须的偏转就会触发复杂的电活动波，沿着三叉神经系统，电波会在每个核团的多个桶状细胞簇间传播。以前认为，信息是沿着静态的、相互分离的专用神经通路进行传递，但我们观察到的实验结果却与这种观

汇聚的信号

对大鼠面部的单根胡须加以刺激，结果显示，在神经元群体之间，分布着一个复杂的神经反应网络，而且这个网络会随着时间变化。因此从某根胡须传来的感觉信息，是由多个神经元的时空应答模式共同编码的，这些神经元大都分布在三叉神经系统的各处。

神经元的群应答

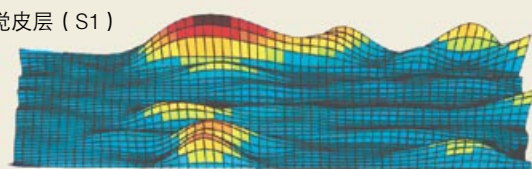
神经元并非只对主须的触觉作出应答，25个位于不同皮质桶的神经元对来自不同胡须的刺激都作出了反应，并且应答模式完全不同。每一行代表一个神经元在胡须受刺激后产生的电活动。



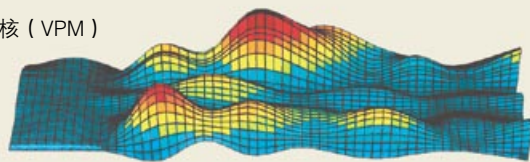
细胞群反应

在脑干（SPv和PrV）、丘脑（VPM）和皮层（S1）的桶状细胞簇中，刺激单根胡须产生的电活动波形。

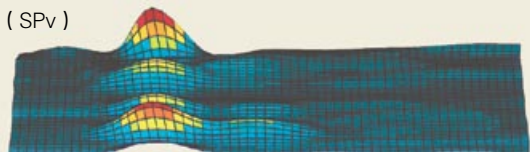
初级躯体感觉皮层（S1）



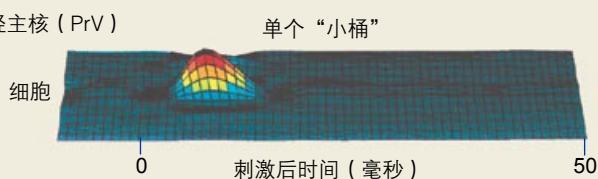
丘脑腹后内侧核（VPM）



三叉神经髓核（SPv）



三叉神经主核（PrV）



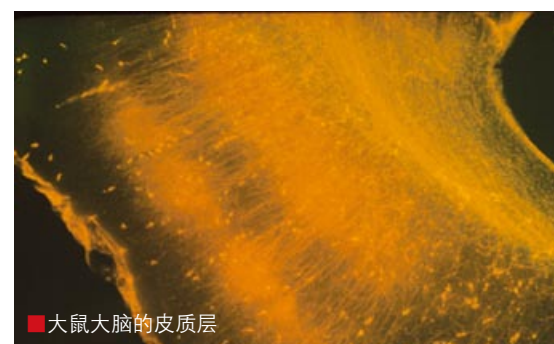
点相差甚远。根据这些发现，我们提出了另一个模型——“分布式呈现”或“群体性神经编码”模型：只有综合大量神经元的活动，大鼠的大脑才可能提取到精确的、有意义的触觉信息，从而了解它的周遭环境。

为了进一步证实我们观察到的现象，20世纪90年代中期，我们实验室的一名研究生阿西夫·加赞法（Asif Ghazanfar）进行了一系列实验。机械刺激大鼠的多根不同胡须，诱使大量的皮质神经元产生电活动后，他把这种电活动输入一系列被称为“人工神经网络”（artificial neural network，缩写为ANN）的人工模式识别算法之中，试图解读大鼠三叉神经系统的神经元群传出的信息编码。首先，加赞法“训练”了一套算法，用来从全部皮质神经元的整体时空放

电模式中，准确定位受到刺激的单根胡须。一旦这个人工神经网络的精确度达到一定水平，他就输入一套新数据，然后检测该算法在预测受刺激胡须的位置时，有多高的精确度。向人工神经网络输入单个神经元的电活动时，预测的精确度非常低；但是输入大量神经元的综合反应时，这套运算法一下子就能轻而易举地预测出受刺激胡须所在的正确位置。

就在那个时期，其他一些实验室也在进行相关研究，虽然采用的实验方法各不相同，但他们得到的数据却证实了我们在电生理实验上的发现。随后，加赞法与博士后研究人员戴维·克鲁帕（David Krupa）一起，首次证明阻断S1皮层区神经元的活动会影响丘脑VPM神经元的应答模式，这说明从皮层到VPM的下行性反馈信号，对来自脑干的上行性信号的传递同样起着非常重要的调节作用。据此，我们提出了一种假设：在S1皮层区和VPM中，上行性信号、下行性信号、侧行性信号和调节性信号会在不同的时间点聚到某个神经元上，从而决定了该神经元所表现出来的高度变化的多胡须触觉反应。

我们的发现已经完全不同于最初那种严格的前馈专线理论。但是，我们提出的多元汇聚模型所作的预测是否准确，还需要大量的实验来证实——这就是我们又花了10年时间，



在实验中利用前所未有的各种方法去刺激大鼠胡须的原因所在。

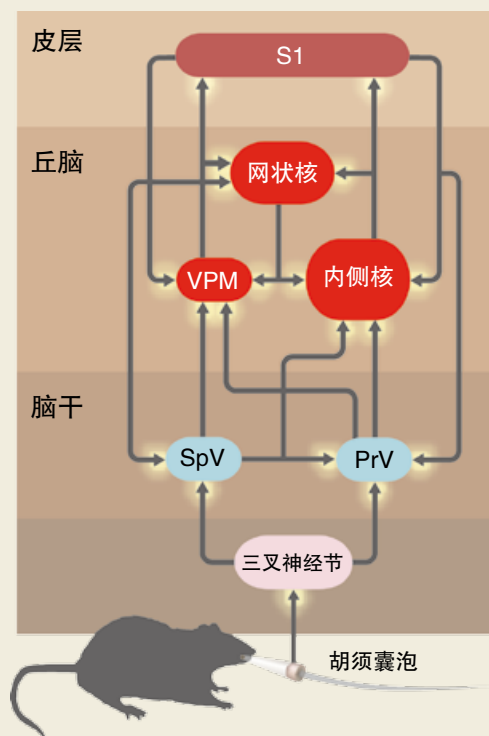
胡须改变结果

范泽洛用一种巧妙的实验技术，观测了大鼠在不同的活动状态下，神经元作出反应的方式。实验结果让范泽洛大吃一惊：大鼠的胡须静止与晃动时，神经元的反应模式截然不同。这就是大鼠靠胡须逃跑的秘诀所在？

1998年，我们实验室的一名研究生埃里卡·范泽洛（Erika Faselow）发明了一项巧妙的技术。利用这项技术，即使大鼠自由活动，我们仍

三叉神经信号通路

从胡须传入到中枢的触觉信息还接受不同脑区的下行性、侧行性神经信号的调节。



环球科学小词典

人工神经网络 (artificial neural network, ANN)，一种模仿动物神经网络行为特征，进行分布式并行信息处理的算法数学模型。这种网络依靠系统的复杂程度，通过调整内部大量节点之间相互连接的关系，从而达到处理信息的目的。人工神经网络具有自学习和自适应的能力，可以通过预先提供的一批相互对应的输入-输出数据，分析掌握两者之间潜在的规律，最终根据这些规律，用新的输入数据来推算输出结果，这种学习分析的过程被称为“训练”。

本文作者

米格尔·A·L·尼科莱利斯和西达他·里贝罗一起研究神经元的信息编码时，里贝罗还是美国杜克大学尼科莱利斯的实验室里的一名博士后。作为杜克大学神经工程研究中心主任和神经科学教授，尼科莱利斯已经在倡导使用脑内移植多电极的方法来监听大量神经元的活动，同时他还发展了一种计算方法来解释所得到的结果并加以应用。同为巴西人和狂热的足球迷，尼科莱利斯和里贝罗两人还共有一份传播先进神经科学的热情。他们是巴西东北部的纳塔尔国际神经科学学会的共同创立者。里贝罗还是该学会的一个分支机构——César Time-laria研究教育中心的科学主管。这个机构的终极目标是将世界一流的神经科学研究和训练设备，跟学校、精神健康和运动设备结合起来，成为一个科学博物馆和一个保护公园，以便促进这一偏远地区的经济和社会发展。

本文译者

闫海亮，北京大学神经生物学博士。

本文审校

张研，加拿大麦吉尔大学神经生物学博士，现为北京大学副教授。于龙川，北京大学教授，博士生导师，神经生物学实验室负责人。

然可以在不同的条件下，检测 S1 和 VPM 神经元如何针对相似的刺激作出反应。在眶下神经（三叉神经的一个分支，起自面部胡须）周围，范泽洛植入了一个微型环绕电极。这样一来，她就能给神经精确地输送电脉冲序列，同时监测 S1 和 VPM 神经元的反应。随后，当大鼠在日常活动中做出各种不同的动作时，她就测量了神经元作出的不同反应。实验结果表明，比起平静或麻醉状态，当大鼠移动它们的胡须时，皮层和丘脑神经元对触觉刺激的应答方式迥然不同。

当大鼠处于平静状态时，神经元对刺激的典型应答方式是，先出现一串短促的动作电位，然后在一段较长的时期内，神经元都不再作出反应，因为细胞膜的变化抑制了动作电位的爆发。范泽洛发现，只要大鼠以某种方式移动胡须，皮层和丘脑神经元就

会以一种更加稳定的方式激活，每一次反应都会释放一个神经脉冲，而不会出现对动作电位的抑制。

初次观察的结果促使范泽洛作出决定：改变电脉冲的输送方式，一次给神经元输送一前一后两个电脉冲，而不只是输送一个单一脉冲。这次的观察结果让她震惊不已。当大鼠清醒时，如果它们呆着不动，并且不移动它们的胡须，皮层和丘脑神经元只能对两个电脉冲中的前一个作出应答，第二个脉冲被兴奋后的抑制现象屏蔽了。但是当大鼠活跃地移动它们的胡须时，哪怕两个电脉冲只间隔 25 毫秒，S1 和 VPM 神经元照样可以对两个电脉冲都作出应答。移动胡须的行为明显改变了神经元的属性，使得皮层和丘脑都可以真实地呈现一连串触觉刺激。

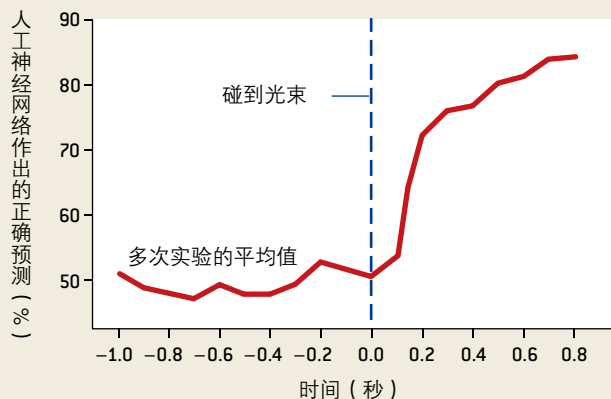
大概就在这个时期，克鲁帕也在训练大鼠方面初步获得了成功，他的

大鼠就像几年之后的 Eshe 一样，能够完成规定的任务。在现实生活中，大鼠往往须要主动利用触觉去分辨外界事物，比如用它们的胡须去判断一个不断改变的洞的大小，这些任务具有更明确的目的，而且难度更大。在这样的情况下，神经元的应答方式还会发生变化吗？克鲁帕训练的大鼠，为监测这种情况下的神经元应答方式，提供了一个全新的方法。

他的实验结果验证并扩展了范泽洛早期的观察结果：当动物主动用胡须来判断孔穴的直径时，S1 和 VPM 区的大部分神经元都会持续地作出强烈的应答，不会出现抑制期。此外，在大鼠的胡须触碰到金属栅栏的边缘之前，皮层的一些神经元就明显开始调节它们的放电频率，表明这些动物的行为状态已经影响到神经元的属性，开始为眼前的任务做准备了。

读取大鼠的思维活动

一种模式识别运算法能够预测大鼠的行为，这说明这种方法可以破译动物神经活动中的感觉信息编码。把大鼠参与实验时的脑活动记录输入人工神经网络，它就能辨别出大鼠能否准确判断缝隙的大小。不出意料，在大鼠碰到屋子入口处的光束（0 秒）之前，人工神经网络的预测完全凭运气。一旦大鼠开始用胡须探测缝隙时，人工神经网络的预测精准度就陡然上升。



窄小的缝隙



较宽的缝隙



在实验中，大鼠脑袋两边伸出两个活动的栅栏，形成了一个大小可调的缝隙。大鼠就用它的胡须感觉缝隙的大小。然后，大鼠就会回到外侧的房间，那里有两个位置分别代表“宽”和“窄”，经过训练的大鼠会到其中一个位置去寻找奖赏，以此报告它刚才的判断结果。

为了验证上述反应是否是动物感觉系统内前馈和后馈编码信息的一部分, 克鲁帕把大鼠执行任务时记录下来的神经元群的时空放电模式, 输入到一个人工神经网络。结果, 只要根据多达 50 个皮层神经元的综合活动, 这个人工神经网络就可以准确地预测出, 在任何一次测试中, 大鼠能否正确地鉴别出孔穴的大小。

动态的网络

神经系统是一个巨大的网络, 而且还随时变化。一个神经元可能不只属于一个神经元群, 还同时参与多个神经元群体, 也许正是神经元的交流, 动物才产生了多种多样的感觉能力。

单凭神经元的放电模式就能预测动物的行为, 这说明在破解神经系统语言方面, 我们的前进方向是正确的。现在已经非常清楚, 哺乳动物的大脑之所以能赋予它们精细的感知能力, 并非单纯依靠某些特殊神经元或者排列成线的桶状细胞簇的单独活动, 而是依赖于高度分布式的神经元群, 它们由众多调谐一致的神经元动态形成。

单个神经元在神经元群中的地位并不固定, 随时都可能发生变化, 而且一个神经元可以同时参与多个神经元群。单个神经元的放电特性也在不断变化, 这是多种因素共同影响的结果, 这些因素包括外周传入的感觉信息、动物过去的感觉经验、大脑内的活动状态、主动还是被动感知外界环境, 以及动物对即将发生事件的预判等。

在大脑的结构、生理和细胞生物学方面, 人类与大鼠有着共同的基本特征。与大鼠一样, 复杂的神经网络不仅提取了周围世界的各种特征, 形成的感知也依据目的、动机、情绪、甚至我们曾经的感觉体验的不同而随

时发生变化, 这样我们才能驾驭自己的感觉。

但所有这些功能, 是如何从数十亿个神经元的微弱放电活动中产生出来的呢? 我们的大脑如何让我们偶尔做出相似的举动, 同时又赋予每个人如此鲜明的个性呢? 大多数神经科学家都认为, 这一谜团在很长时间内都难以解开。

不过, 我们研究小组的工作已经取得长足的进步, 虽然我们还没有完全破译神经密码, 但是已经能够粗略理解其中的含义, 并将这种理解转化成实际应用。我们可以从猴子的运动皮层读取神经元的放电模式, 使用计算机算法将这些信息实时翻译成指令, 控制机械臂的运动。我们希望在不久之后, 就能充分掌握神经语言, 以便跟大脑交谈。只要能成功, 我们就可以制造一种假肢, 在上面装上各种感受器, 将触觉反应输送至使用者的躯体感觉皮层, 从而形成真实的躯体感觉。

破译神经密码并非一朝一夕之事, 但现在, 至少对于其中的几个“音节”, 我们已经能理解并准确“发音”了——仅仅在 10 年前, 这一切都还是梦想。为什么我们进步迅速, 已经能够利用神经语言了呢? 一个重要原因就是神经语言本身的适应性, 而这种适应性又来自于神经元群体间信息流动的网络属性。即使几个词丢掉了, 信息的交流仍然畅通无阻, 正如

一个强大的科技网络, 它可以快速补偿丢失的几个节点。

基础实验设备的进步, 对这一领域的发展也至关重要。几十年前, 神经科学家可利用的工具只有坚硬的金属电极, 稍不注意或者用力过猛, 就会伤及大脑组织, 而且每次只能记录一个神经元的活动。研究人员在研究大脑活动时, 只能先将动物麻醉, 或者至少让它们处于安静、受限的状态。但是, 一旦科学家可以在多个脑区同时监测数十个神经元的活动时, 观测神经元群体的活动就成为了可能。今天, 新型柔软的电极材料出现了, 可以永久性地植入脑内, 科学家可以长期监测多达 500 个神经元的活动。就算实验动物在头脑清醒的状态下参与日常活动, 科学家的监测也可以继续进行。

以前, 由于一次只能记录一个神经元的活动, 人们提出以神经元为中心的专线神经通讯理论也就不足为奇。在欣赏歌剧表演时, 如果只能听到一个声音, 无论演唱者多么才华横溢, 观众仍然很难把握歌剧的内涵。早期研究神经语言的方法亦是如此。然而, 当分布广泛的众多神经细胞组合起来, 成为一个巨大的神经元群体时, 细胞间的相互作用就能精确地描述周围的环境。因此, 不管什么时候, 一只大鼠如果成功逃脱了猫的追捕, 它都应该感谢神经元群在它大脑中奏响的电脉冲交响乐。SN

扩展阅读

Brain-Machine Interfaces to Restore Motor Function and Probe Neural Circuits. Miguel A. L. Nicolelis in *Nature Reviews Neuroscience*, Vol. 4, pages 417-422; May 2003.

Layer-Specific Somatosensory Cortical Activation during Active Tactile Discrimination. David J. Krupa et al. in *Science*, Vol. 304, pages 1989-1992; June 25, 2004.

Global Forebrain Dynamics Predict Rat Behavioral States and Their Transitions. Damien Gervasoni, Shih-Chieh Lin, Sidarta Ribeiro, Ernesto S. Soares, Janaina Pantoja and Miguel A. L. Nicolelis in *Journal of Neuroscience*, Vol. 24, No. 49, pages 11137-11147; December 8, 2004.

International Institute of Neuroscience of Natal: www.natalneuroscience.com

火星 水世界

撰文 吉姆·贝尔 (Jim Bell)
翻译 波特

如果温暖而潮湿的环境长期统治着火星，火星会不会跟地球一样演化出生命和文明？如果火星上曾经河流纵横，为何今天会变得如此干燥寒冷，火星的今天会不会成为地球的明天？这样的话题已经成为一代代科幻作家笔下的老生常谈，不过科学家才刚刚找到火星上存在过水世界的证据。

到2005年2月，“勇气号”（Spirit）火星探索漫游车已经在古谢夫环形山里工作了1年多。这个环形山深达两千米，面积相当于美国的康涅狄格州（约13万平方千米）。古谢夫就位于一条早已干涸的古代河谷尽头，这条河谷比美国科罗拉多大峡谷还大，所以我们漫游车任务小组希望，勇气号能在这里找到证据，证明几十亿年前这个环形山曾经充满了水。然而，在登陆器着陆的那片平地上，漫游车既没有发现湖泊沉积物，也没有找到其他能够证明古谢夫环形山里曾经有水流过的痕迹。在拍摄到的照片

里，只有灰尘、沙子和极其干燥的火山岩。

不过，当勇气号爬上距离降落地点2.6千米的哥伦比亚山脉（Columbia Hills）的斜坡时，一切都改变了（为了纪念2003年哥伦比亚号航天飞机失事遇难的7名宇航员，人们用他们的名字分别为火星上几座小山命名，而这条山脉就被称作哥伦比亚山脉）。勇气号艰难地攀上赫斯本德山（Husband Hill，赫斯本德是哥伦比亚号的指挥官）的西坡，车轮撞开石块，在火星的土地上留下了深深的车辙。在一片特别容易打滑的地区——“帕



■回溯到25亿~40亿年前，火星这颗红色星球可能就跟这幅艺术图描绘的一样，表面河流纵横。晨曦微露时，岸边那些水蒸发后留下的盐分似乎泛着紫色的光芒。

索罗布勒斯”(Paso Robles)，车轮偶然碾开了一些奇特的、发白的沉积物，与我们在古谢夫所见的沉积物大相径庭。实际上，当任务小组注意到这些沉积物的时候，勇气号已经向前驶出了很远，我们立即让它急刹车，掉头绕了回去。

经过进一步的考察，我们断定，那些沉积物是含水硫酸盐矿物，富含铁和镁，就聚集在火星地表的灰尘之下。在地球上，这类沉积物往往出现在咸水蒸发，或地下水与火山气体、熔岩交互作用的地方。这两种过程同样能够在火星上完成（虽然科学家并

没有在火星上的古谢夫或其他地方发现活火山，但在这颗行星的早期历史上的确出现过火山喷发）。我们确信，这些被埋在地表之下的硫酸盐，应该是过去古谢夫地区水环境的残余物。

勇气号的偶然发现和机遇号的发现一致。在此之前，机遇号在火星的另一面进行调查，还有一系列人造卫星在轨道上拍摄这颗星球的表面。几十年来，科学家以为，火星一直是一个冰冷、干燥、不宜居住的世界；偶尔泛滥的洪水和被水改造过的矿物也提供了一些证据，不过，人们认为那只是偶然现象，而且发生在非常遥远

的过去，也就是46亿年以前，火星形成之初。但在短短几年间，利用漫游车、轨道卫星以及针对火星陨石所作的新研究，却描绘了一幅与先前设想迥然不同的图景。看来，水曾经覆盖了火星表面的许多地区，而且持续了很长时间；这种情况不但出现在火星历史的早期，也可能存在于距今不远的历史时期。这个结论意义深远：如果像地球一样温暖而潮湿的环境曾在火星上频繁出现，并且长期存在，这颗星球上曾经演化出生命的可能性就更大

根据火星探测任务最近得到的新证据，科学家拟出了一条时间线，把拥有广阔水域的那段过去也编入其中（年代为估计值）。

46亿年前 ~ 42亿年前



42亿年前 ~ 35亿年前



剧烈撞击的时代

火星形成后，小行星和彗星猛烈袭击了这颗星球，形成巨大的撞击盆地，触发了频繁的火山活动。岩浆海洋在地表肆意流淌。

类似地球的环境

当撞击减弱，液态水填满了一些盆地，蚀刻出大量河谷。水底的岩石受到侵蚀，形成了黏土和其他水合硅酸盐。

侵蚀与沉积的轮回

可以肯定，某种力量一直在修改火星的地貌。它在火星上闯出纵横的沟壑，用剥蚀下来的沙土塑造新的山丘；它活泼有力，很快就会削平新建成的山丘，把建筑材料带到远方……科学家认为，这位雕塑家很可能就是流水。

早在 20 世纪 70 年代，人们就从水手号（Mariner）和海盗号（Viking）探测器拍摄的火星图片中，识别出河流地貌（即由水形成的地质特征），包括由洪水冲蚀出的大量水道和大规模的河谷网络，让人想起地球上的河流水系。火星环球勘测者（Mars Global Surveyor，2006 年 11 月与美国国家航空航天局失去联系）从 1997 年开始环绕火星飞行，过去 10 年来发回不少照片。通过这些照片，人们发现，

某些环形山和峡谷的侧壁上，留有非常细小而且似乎年代很近的冲沟（水流冲击地面形成的沟渠）。这些观测表明，火星表面或靠近表面的地下曾经存在着液态的水，只是无法证明液态水是否长期存在。以洪水为例，这些水也许只能在火星表面逗留几天或几周，随后就被冰冻、被蒸发，或者渗回地下了。

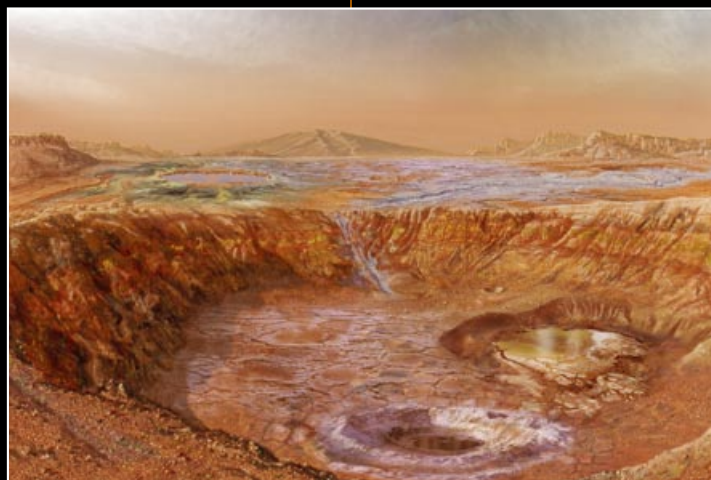
在海盗号轨道探测器发回的照片上，人们也看到了类似河谷的网络，但看看分辨率更高的照片，就会发现这些沟渠的特征与地球上的河谷并不一致。火星河谷可能完全是由地下水流和地下侵蚀——一种被称为基蚀（sapping，地下水在地热的作用下蒸发，侵蚀了上方的岩层）的过程造成的，而不是地表水流动的产物。地下冰层或雪沉积层之下的融水渗出地

面，也可能塑造出火星环球勘测者照片中的冲沟。虽然这些令人印象深刻的特征支持了火星上有水的论点，但它们并不能有力地证明这颗红色星球上曾经出现过更温暖、更湿润的环境，曾经像地球一样，长期拥有湖泊和河流。

近几年，卫星图片提供的新证据更加引人注目，它表明稳定的、跟地球相似的环境曾经长期统治着火星。其中最令人欢欣鼓舞的一项发现就是一系列类似河流三角洲的特征。火星环球勘测者拍到了火星上最大最好的三角洲，它出现在一段河谷网络的尽头，这些河谷通向水手谷（Valles Marineris）东南部的埃伯斯沃德环形山（Eberswalde Crater）（见第 68 页图）。这个排水系统在一个 10 千米宽、层次分明的扇形地形中走到了尽头，那里沟渠蜿蜒交错，显示出不同的侵蚀程度。对许多地质学家来说，这明显就是三角洲的特点。携带着沉积物的河流，注入浅水湖泊，河口往往就会

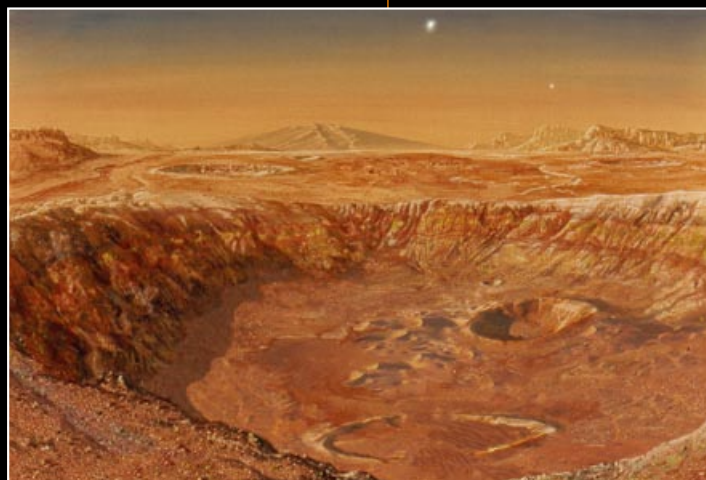
概述 / 潮湿的火星

- ◆ 火星漫游车和轨道探测器的近期成果表明，在火星早期的历史上，温暖、潮湿的环境曾长期主宰着这颗星球。
- ◆ 如果类似地球的环境频繁出现，并长期存在，生命很有可能会在火星上繁衍生息。未来的火星任务将测定古代地貌形成的年代，以此来检验火星水世界的假说。



干燥并冷却

火星火山喷出的硫溶解到水中，使水体酸化，破坏了黏土。含硫的水开始结冰，但是偶尔泛滥的洪水仍然塑造出大型的径流河道。



干旱而荒凉

火山活动衰微，灰尘覆盖了行星的大部分表面。但是，液态水也许还潜藏在地下，偶尔喷出地表，制造了峡谷和环形山侧壁上的冲沟。

形成这种三角洲。

与地球上的密西西比河三角洲类似，埃伯斯沃德的扇形结构表明，它曾经多次发育、形状也发生过几次变化——很可能是由于它的古代源流的情况变化而引起的。如果埃伯斯沃德冲积扇的确是古代的河流三角洲，后来被沉积物掩埋，又在近期的侵蚀过程中重见天日，那就说明液态水曾经稳定地流过火星表面，侵蚀形成大量的沉积物，并把它们带到下游。从轨道照片上看，火星的其他地区还存在类似的冲积扇，但是只有在清晰度极高的照片上才能分辨出这些结构，而现在，只有5%的火星表面拥有合乎要求的照片。进一步的轨道拍摄研究将验证河流三角洲的假说，但是想要确定河水流淌了多长时间才能形成这些冲积扇，科学家还需要更准确地测量地形不同位置的绝对年代或相对年代。从轨道上探测，无法得到地形的绝对年代。未来的火星漫游车必须在这些地区取得岩石样品，并送回地球

进行更细致的分析或实验，对岩石进行放射性同位素测年。

火星奥德赛（Mars Odyssey）飞船和火星环球勘测者拍摄的高精度图片，还提供了其他证据，证明火星昔日的气候与地球相似。图片显示，在水手谷的高地和山墙上，分布着小规模的河谷网络。过去识别出的河谷网络似乎是地下河的杰作，但这些新发现的河谷却有些不同，它们的特征看似出自降雨、融雪或地表径流（surface runoff）的手笔。比如，这些网络支流密布，从源头到末端，河谷的长度和宽度不断递增。而且，河道的源头都分布在山脊顶部，表明地形曾经被降水或径流塑造过。实际上，这些地形就是最好的证据，证明火星上曾经下过雨。

有人猜测，这些径流特征可能形成于相对较近的时期，也许就在火星形成后10亿年到15亿年之间。为了估计火星地形的形成年代，研究者清点地貌上撞击坑的数量——这个地

区遭受的撞击越多，就说明这里越古老。然而，这种测年法暗藏着许多不确定因素：人们很难把初级陨击坑、次级陨击坑和死火山口区别开来，而且侵蚀作用已经磨灭了某些地区的撞击坑的痕迹。尽管如此，如果能够证明这些地表径流形成的河谷确实比较年轻，那么火星历史中就会有1/3的时间都被类似地球的气候主宰着；如果识别出更加年轻的河谷，那么这段时期持续的时间就可能更加漫长。

观察过这颗星球许多地方的大规模侵蚀和沉积之后，科学家找到了另一项证据支持火星上曾经长期存在液态水的证据。研究者根据轨道探测器拍摄取得的新数据进行计算后发现，在火星历史的最初10亿年中，沉积物沉积和侵蚀的速率比现在快100万倍（在勇气号、机遇号和火星探路者漫游车的着陆地点，目前的风蚀速率已经经过了测定）。以目前机遇号正在考察的本初子午线平原（Meridiani Planum）为例，这片坑坑洼洼的地区

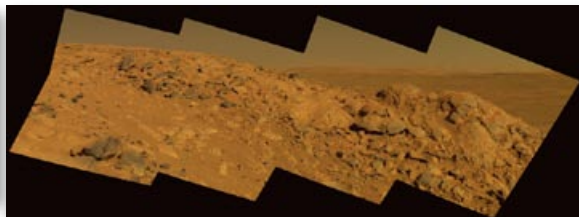
搜寻火星水

2004年1月，勇气号和机遇号火星漫游车展开了对火星的探测，至今已经发现了不少极佳的证据，证明这颗行星曾经温暖而潮湿。



着陆点的景色

除了灰尘、沙子和火山岩以外，勇气号在着陆点附近一无所获。不过，远处的哥伦比亚山脉已依稀可见。



西马刺的长角

任务开始7个月后，漫游车到达哥伦比亚山脉西马刺地区的长角露头。



帕索罗布勒斯的土壤

在赫斯本德山，漫游车的轮子碾出了发白的硫酸盐沉积物。这也许是古谢夫地区水环境的残留物。

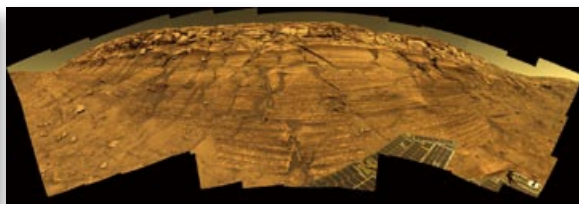


勇气号在165千米宽的古谢夫环形山内（左图白点处）着陆。这个环形山位于一段早已干涸的古代河谷尽头，但勇气号在这里没有发现曾经有水存在的证据。直到勇气号离开着陆点，进驻东面2.6千米处的哥伦比亚山脉时，才有所斩获。



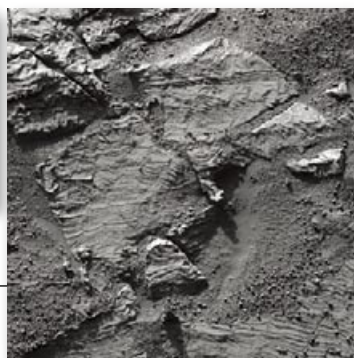
蓝莓碗

在老鹰环形山的岩石露头上，机遇号发现了毫米级的球形颗粒（昵称为“蓝莓”），它们可能是在含铁或含盐的水蒸发过程中沉淀下来的。



伯恩斯悬崖

在耐力环形山附近，漫游车考察了伯恩斯悬崖，这是一处巨大的成层岩石露头，这一发现支持了火星表面曾周期性地被水覆盖的假说。



欧弗嘉的“花边”

在埃瑞波斯环形山边缘，漫游车发现了一块岩石（名为欧弗嘉）上面留有花边一样的纹路。当波浪冲刷过砂质沉积物，就会产生这种花纹。



机遇号在本初子午线平原区的老鹰环形山里，很快发现了广阔的成层沉积岩露头，这说明水曾经长期存在于地表。而后，漫游车向南行进，开始探测800米宽的维多利亚环形山。

方圆约 100 万平方千米，大部分地形已被严重侵蚀，剥蚀下来的物质被运送到其他地方。没有人知道这些沉积物终归何处——这是火星研究中的一大未解之谜，不过有一点是基本明确的：只靠风的作用，不可能剥离并带走这么多的物质。

在其他地方，比如一些环形山的底部，一些峡谷的底部和侧壁，以及水手谷的裂隙里，交替出现的沉积和侵蚀过程明显制造了大量的堆积物——由数以百计的岩石层堆叠而成，每层岩石的厚度在 10 米~100 米之间。在直径为 170 千米的盖尔环形山（Gale Crater）内部有个绝佳范例：环形山底部中央一层层堆叠着大量遭到侵蚀的沉积岩。环形山底部的这些岩石层、沟渠和部分被掩埋的撞击坑表明，那里经历过一段漫长而复杂的侵蚀与沉积过程。最令人难以置信的是，这些堆积物竟然堆得比盖尔环形山的边缘还要高出将近 1 千米。看来，盖尔环形山以及周围区域曾经完全被大量沉积物填埋，可能在一段相当漫长的时期内，环形山被剥蚀而出，又再次遭到填埋，侵蚀和沉积过程交替往复。盖尔环形山最后一次被填埋以后，这些沉积物遭到侵蚀，露出了环形山的底部，不过，中央的堆积物被剥蚀得比较缓慢，这就是它现在还高出环形山边缘的原因。

什么过程能够运输如此大量的沉积物，以至于几乎填埋了整个盖尔环形山地区呢？科学家认为，流水是这个问题的最佳答案。对地球上侵蚀和沉积速率所作的研究表明，风可以移走一部分火星沉积物，这一过程在今天的火星上仍然发生着，只是速率相当缓慢。但我们无法把这些设想全归功于风的作用，数百万立方千米的物质如何能被迅速搬运——这么大规模的物质搬运在火星的早期历史中还不

止发生过一次。地球上的流水每天都搬运大量的沉积物，在火星上，它们同样能够胜任这项工作。

黏土、浆果和波浪

新的探测数据显示，火星上的一部分矿物曾被水改造过，生成黏土和水合化合物。那些曾经泛滥又逐渐萎缩、直至干涸的河流早已不见踪影，科学家只能研究它们在地面上留下的蛛丝马迹。

除了仔细观察火星地形以外，科学家还着手在这颗星球的矿物中寻找液态水的证据。长期以来，研究者一直认为，火星从不曾享有长时间的温暖和潮湿气候，原因之一就是，火星的大部分表面还没有被风载尘（wind-borne dust，可以被风吹起的微尘）覆盖，这些地方遍布着一些没有风化的矿物，例如橄榄石（olivine）和辉石（pyroxene）等原始火山矿物。这就等于说水不可能在火星表面上长年流淌不息，因为水会改变矿物的化学成分，使火山岩遭受风化，产生黏土或其他氧化或水合矿物（“水合”是指，水分子或氢氧根离子被结合到矿物的晶体结构中）。

不过事实证明，科学家当初观察火星的距离还不够近。通过新的高清晰轨道图像数据和火星漫游车对火星表面的近距离研究，科学家已经在许多地区都发现了大量的黏土沉积物和其他水合矿物。比如，欧洲航天局火星快车（Mars Express）轨道探测器上的 OMEGA 设备特别擅长探测火山岩风化形成的矿物，它对火星表面看似

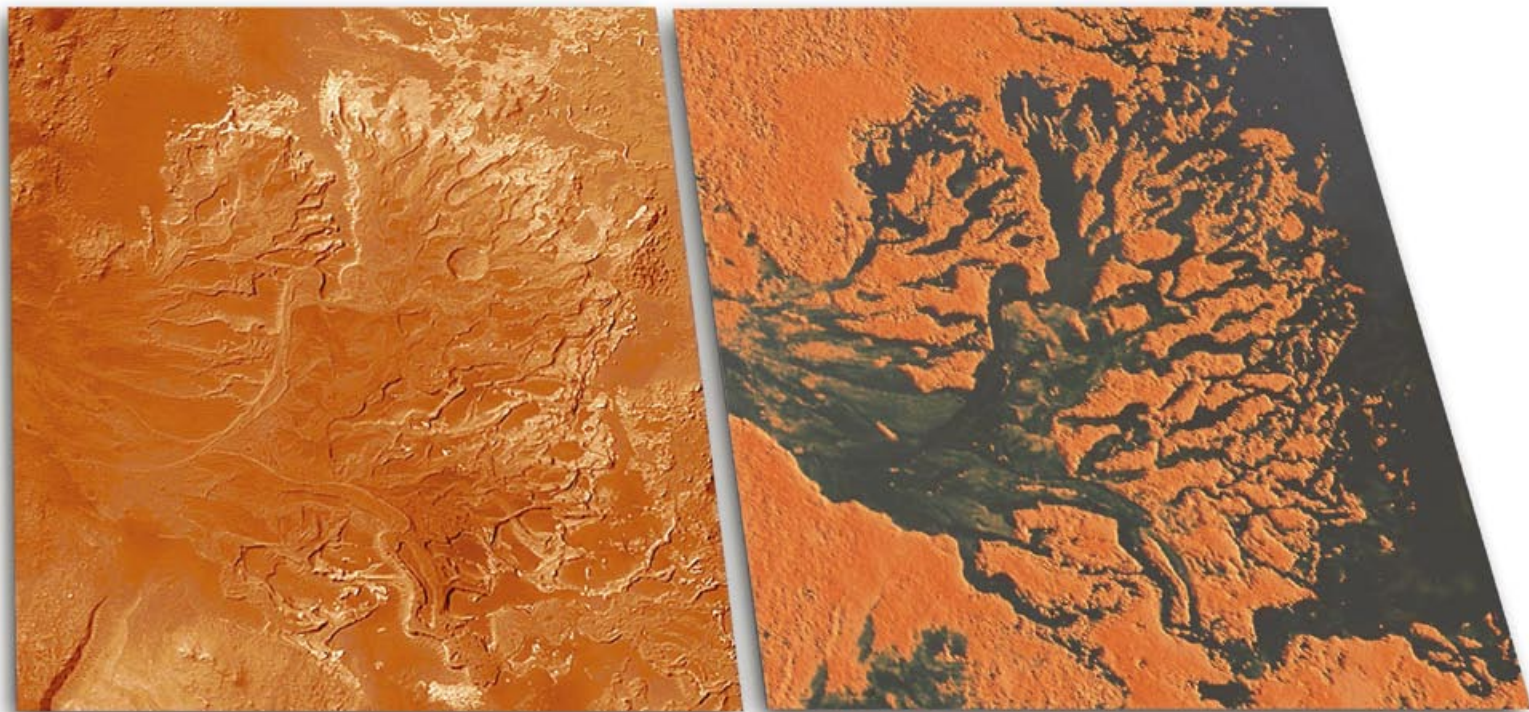
最古老的那些地区进行了探测，在没有被灰尘覆盖的地方发现了黏土。这些地区的撞击坑很多，据此可以推断，这些地形肯定形成于火星历史最初 10 亿年的早期。黏土沉积物散布在火星各处，存在于古代火山岩表面或坑坑洼洼的高地，直到最近才有一部分在侵蚀作用下暴露出来。

新发现的黏土属于页硅酸盐（phyllosilicate），这种矿物由片状结构的硅石组成，片与片之间夹藏着水分子和氢氧根离子。火星上发现的黏土成分多样，可以想见，这些黏土是由不同类型的火山岩经过与水有关的风化作用而形成的。虽然 OMEGA 设备目前只详细勘察了火星的一小片地区，但这些矿物的发现有力地证明，早期火星上存在着长期的、类似地球的环境。

由于彗星或小行星撞击火星，一些被抛射出来的岩石会离开火星，最终落到地球上，变成所谓的火星陨石。研究者已经在一些火星陨石中，发现了被水改造过的矿物（黏土、水合氧化铁和碳酸盐）。科学家们猜测，与水有关的风化作用可能发生在地下，因为在绝大多数陨石被抛射到太空之前，都位于火星地壳之中，而不是火星的表层岩石。而且，研究人员认为，一些陨石来自火星地壳上相对年轻的部分，所以他们猜想，火星地表之下的风化过程也许到今天还在进行。正在进行的火星任务和未来的任务，可以通过诸如寻找活泉或热液活动的证据，来验证这一重要假说。而且，新的登陆器、漫游车甚至载人登陆任

本文作者

作为天文学家和行星科学家，吉姆·贝尔的大部分精力都倾注于设计和操作机器人探测器上的仪器，并分析仪器得出的结果。作为美国康奈尔大学的副教授，贝尔还是火星探路者、近地小行星交会探测器、火星奥德赛、火星漫游车、火星勘测轨道飞行器和火星科学实验室等多个任务小组的成员。他还是主持研究机遇号和勇气号漫游车上的全景彩色照相机的首席研究员。企鹅出版集团旗下的达顿出版社刚刚出版了他的新书《来自火星的明信片》，其中搜罗了漫游车传回的照片。



■火星环球勘测者在轨道上拍摄了埃伯斯沃德冲积扇（左图），它就位于一段延伸进埃伯斯沃德环形山的河谷网络的末端。10千米宽的扇形区域里充满逶迤交错的渠道，说明它曾经是一个河流三角洲，河水曾注入这个环形山，形成一个巨大的浅水湖。艺术画（右图）展示出几十亿年前这个三角洲可能的模样。

务都可以装备打钻设备，探索火星地下深处。

火星漫游车的探索为破解这颗红色星球的气候之谜提供了最新的证据。在帕索罗布勒斯地区发现含水硫酸盐矿物之前8个月，当勇气号刚刚挺进哥伦比亚山脉时，漫游车用它的矿物识别仪器检测了一块布满疙瘩的岩石，结果在岩石中发现了赤铁矿。这是一种高度氧化的含铁矿物，在地球上十分常见，属于被水改造的矿物。几个月后，勇气号发现了页硅酸盐和针铁矿（goethite），后者也是一种氧化铁矿物，它的晶体结构中含有来源

环球科学小词典

火星表面上有着大大小小的环形山，绝大多数都是在行星形成之初，由于小天体撞击火星而形成的。某颗小天体撞击火星地面形成的大坑就是初级陨坑，撞击飞溅而起的物质重新落回地面，又会形成一系列小坑，也就是次级陨坑。还有少数环形山可能是古代火山口遗迹。新形成的地形会破坏或掩盖这些环形山，因此环形山数量的多少，只可以用来粗略地估计这一地形的形成年代。

于水的氢氧根离子，不可能在没有水的情况下生成。看来，哥伦比亚山脉记录了火星上水与岩石交互作用的古代历史，而勇气号任务早期探测的火山岩平原相对年轻，并没有记录这段历史。

当漫游车登上赫斯本德山顶，从另一侧摸索下山，到达南面的盆地时，它找到了更多类似在帕索罗布勒斯表面发现的盐沉积物。可惜，我们没能充分研究这些沉积物，因为季节已经转入漫游车经历的第二个火星冬天，我们不得不让勇气号移动到朝向北面的斜坡，确保它的太阳能板可以获得足够的阳光，驱动机器继续工作。如果一切顺利，当火星上春回大地，我们就会让漫游车重返那片区域，仔细研究那些盐沉积物。

与此同时，机遇号也在本初子午线平原获得了同样引人注目的发现。着陆后的几周内，漫游车发现了广阔的成层远古沉积岩露头（即露出地表

的基岩，可以看到岩石组织或地质结构），这些岩石疏松多孔，而且含有水合矿物和矿物盐。辅以轨道观测，研究者了解到，那里整个地区都分布着这些沉积物。机遇号对成层的岩石露头的研究表明，这种沉积岩向下延伸，厚度达到几十米以上，说明液态水曾经长期在地表流淌。然而，机遇号的分析结果却描绘了火星水世界历史的一个不同时期。漫游车所发现的含水岩石中，包含了大量的富硫矿物，比如黄钾铁矾（jarosite），而露出地表的沉积岩除了硫之外，还富含氯和溴。所有这些元素在水溶液中都是高度活跃的，暗示沉积物可能是由含盐液态水蒸发形成的。因此，这些岩石露头应该见证了火星的另一段历史时期——本初子午线平原上的池塘和溪流逐渐萎缩，直至最终干涸的过程。

漫游车还在岩石露头中发现了毫米级的、含有赤铁矿的球状颗粒——昵称“蓝莓”（blueberry），这也支持

了火星上曾经长期有水的假说。我们认为这些蓝莓就是地质学家口中所说的“结核”(concretion)，它们是含铁或含盐的水蒸发时从中沉淀出来的颗粒。如果沉淀过程够慢够均匀，就会生成球状的矿物颗粒。在地球上，一些结核能长到玻璃珠或乒乓球那么大；而火星上所见的球状结核平均尺寸大约只有2~3毫米。当机遇号从着陆点向南移动时，它发现蓝莓越来越小，这说明水环境持续的时间有所变化，或者水蒸发速率改变了。

机遇号甚至还拍摄到一些岩石露头，上面保存了浅水波浪的痕迹。这些类似“花边交错排列”的结构是波浪与砂质沉积物相互作用形成的产物，是2006年年初机遇号向南穿越平原时发现的。

初现端倪

如果温暖、潮湿、二氧化碳丰富的火星的确存在过，本应随处可见的碳酸盐为何不见踪影？科学家们渴望更贴近火星，进一步找到证据。

漫游车取得的上述成果凸显出火星上硫的重要意义，硫的积聚大概跟这颗行星早期活跃的火山历史有关。硫和含硫矿物都能溶于水，生成的溶液酸性很强。酸性水会破坏多种矿物，特别是碳酸盐，它还会阻碍另外一些矿物（比如黏土）的生成。火星上硫的积聚可以解释为什么科学家一直没能在火星表面上找到碳酸盐，为什么似乎只有在最古老的地层里才看得到黏土的踪迹。除了本初子午线平原以外，OMEGA设备还在火星上的其他位置探测到了硫沉积物，但一般来说，这些地区看起来比留有黏土的地区更年轻。迄今为止，还从来没有在同一地点看到硫和黏土。

对火星的印象越来越清晰：火星

上曾经分布着广阔的水体（水坑、池塘、湖泊、海洋，或者兼而有之），当时的大气肯定比现在更厚，也更温暖，才能保证液态水长期存在于地表。在火星历史的前10亿年里，环境跟地球的非常相似，也许有利于已知生命形式的形成和进化。然而，当硫逐渐积聚增多，火星环境开始转变，水体变酸，行星的地质活动逐渐衰减。“酸雨”不断腐蚀火山岩石，并把早先形成的碳酸盐分解殆尽，黏土逐渐被硫酸盐取代。经年累月，大气越来越稀薄；也许大气中的气体趁着这颗星球的磁场消失时逃进了太空，或许在灾难性的撞击事件中被吹散了，又或者莫名其妙地被封存在地壳中了。火星最终成了今天我们要看到的这颗寒冷、干旱的星球。这一连串的事件可以解释，为什么过去几十亿年来岩浆冲出地表形成的火山岩没有遭受风化侵蚀。正是那些原本埋在地下的古老物质，偶然因为撞击、侵蚀或漫游车驶过而重见天日，成了揭露这颗行星过去的关键线索。

不过，这个有关火星的新观点还没得到普遍认同。一些关键问题还有待解答：埃伯斯沃德三角洲上的液态水究竟流淌了多久，是几十年还是几千年？在本初子午线平原或盖尔环形山这些地方，看似被侵蚀掉的沉积物如今身在何方？这些沉积物是否经历过风雨水流等的侵蚀？在火星上到处可见的那些黏土矿物是什么，它们曾是火星地壳的主要成分吗？最让人头

疼的是，温暖、潮湿、二氧化碳丰富的环境中应该会形成碳酸盐，但在火星上的任何地方都没有它们的踪影，即使是在更古老的地区，也只找到了黏土。酸性水可以摧毁大块的碳酸盐，但绝不可能摧毁全部，碳酸盐到哪儿去了呢？

也许，在所有这些问题中，最重要的就是早期火星上是否形成了生命？倘若生命形成，当环境发生翻天覆地的变化，变成今天这样的气候时，火星生命也能随之适应进化吗？在很大程度上，答案取决于类似地球的环境条件持续了多久。我们手里的照片或其他数据，虽然也给人留下了深刻的印象，但都无法为我们提供那段温暖、潮湿的历史时期的具体细节。对于火星表面的年代，我们也不够了解。事实证明，在一个经历过多次大规模填埋和剥蚀过程的地表上，想要利用撞击坑的分布密度确定绝对或相对的地质年代，是不可能实现的。更好的办法是从火星上采集样本，送回地球做精确的放射性同位素测年，或者派遣微型测年仪器到火星表面去工作。在此之前，轨道飞行器将继续搜寻关键的矿物沉积物，找出未来登陆器和漫游车最佳的降落地点，这些工作总有一天会明白无误地揭露出水世界在火星上的持续时间。过去几十年中火星上的那些发现只不过是一道甜点，而在这个激动人心的21世纪，机器人探测和最终载人登陆火星才是真正的大餐！

扩展阅读

Evidence for Persistent Flow and Aqueous Sedimentation on Early Mars. M. C. Malin and K. S. Edgett in *Science*, Vol. 302, pages 1931–1934; December 12, 2003.

Evidence for Precipitation on Mars from Dendritic Valleys in the Valles Marineris Area. N. Mangold et al. in *Science*, Vol. 305, pages 78–81; July 2, 2004.

New Perspectives on Ancient Mars. S. C. Solomon et al. in *Science*, Vol. 307, pages 1214–1220; February 25, 2005.

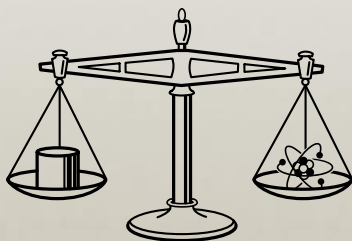
Global Mineralogical and Aqueous Mars History Derived from OMEGA/Mars Express Data. J.-P. Bibring et al. in *Science*, Vol. 312, pages 400–404; April 21, 2006.

1 千克 究竟有多重

撰文 伊恩·罗宾逊 (Ian Robinson)

翻译 郭凯声

“对整个度量衡系统而言，千克就像白色夹克衫上的黑污点”。一百多年来，千克的定义毫无进步，全世界的天平仍然在依靠一块人造金属作为标准。现代科技已经厌倦了为这块金属质量的稳定性担惊受怕，科学家正想方设法，用自然界恒定不变的性质来定义千克。



现代科技日新月异，一项新技术往往不出几年就落伍了。讽刺的是，几乎全世界的质量测定（及能量等相关物理量的测定）还在依靠一块 118 年前制作的金属块——它如今安稳地存放在法国巴黎郊外国际计量局的小储藏室里。按照国际单位制（SI，即通常所谓的公制）的规定，1 千克就等于这个精心打造的圆柱状铂铱合金块的质量。它的正式名称是“国际千克原型”（IPK），高 39 毫米，直径也是 39 毫米。

国际单位制由国际计量大会与国际计量委员会制定并实施。近几十年来，国际计量大会先后修改了其他几个基本单位的定义，大大提高了它们的精确性，使它们能够跟上科技发展的步伐（国际上约定了 7 个基本单位，其他所有单位均由基本单位导出）。例如，米和秒的单位现在都以自然现象为依据。米的定义与光速挂钩，而秒的定义则与某种同位素原子在两个特定能级之间跃迁时发出的微波频率有关。

目前，千克是惟一仍然以人造物体为依据来定义的国际标准单位。随着测量技术精确度的不断提高，用一块金属来定义千克必然会麻烦缠身。因此，测量专家绞尽脑汁，力求仅仅以自然界恒定特性为基础来定义质量。有两种方案看来最有希望，一个方案以阿伏加德罗常数（Avogadro constant，指 12 克碳 12 中所包含的碳原子数目）这一基本概念为基础，另一个方案则涉及普朗克常数（Planck's constant，量子力学的基本常数，用途极为广泛。例如，利用这个常数，物理学家可以根据光的频率计算出光子的能量）。由于科学家是在国际单位制单位（包括千克）的基础上来测定常数的值，因此，国际千克原型的真实质量有任何变化，被测常数的值也得跟着起伏。用这些根据千克单位



■照片中的合金圆柱体重1千克，是精密的质量标准。目前存放在意大利，用来校正意大利全国的称量仪器。同世界其他国家的质量标准一样，它将定期接受存放在法国的国际千克原型的校正。

从硅晶球到千克标准

一种重新定义千克的方案要求，精确测定1个1千克重的硅晶球中包含多少原子。

1 从天然硅开始：天然硅由3种同位素——硅28、硅29和硅30构成，与氟发生反应，就会生成气态的氟化硅（ SiF_4 ）。

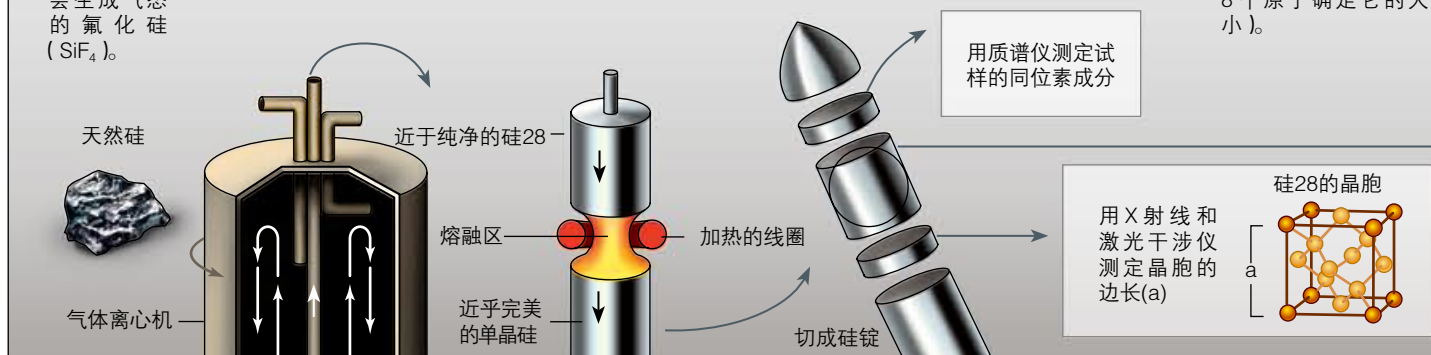
2 将氟化硅置于离心机中，让离心机高速转动。由于各种元素的质量不同，因此借助离心力，便可从中筛选出质量最轻的同位素——硅28。

3 得到的固体材料中，硅28的含量可达99.99%左右。用熔化提炼出的硅，浇铸出近乎完美的结晶硅锭。

4 接下来，将重新结晶的硅锭切成1块较大的圆柱形毛坯和几个供化验用的小试样。

5 将一块试样放进质谱仪，测定硅的纯度，从而得出它的平均摩尔质量（ m ），即每摩尔的质量。

6 用X射线和激光干涉仪分析另一块试样，确定晶体结构中原子平面的间距。根据结果，能够得到“晶胞”的大小（晶胞是晶体中最小的重复结构，由其顶点上的8个原子确定它的大小）。



测定的“常数”来定义千克，我们就会陷入一个循环定义、自相矛盾的尴尬局面。

因此，在定义千克之前，科学家们只能从头开始，依据千克的现行定义尽可能精确地测量并确定常数的值，先“盯死”这个常数。然后，将这个值纳入千克的新定义，实现新旧定义之间的平稳过渡。最后，在已得出精确数值的常数的帮助下，采用测量手段，确定新定义下的1千克有多重。

掉队的千克定义

人们也曾用人造物来确定米的定义：一根画着刻度的铂铱合金棒校正全世界的米尺。不过，“米”现在已经由恒定不变的光速来定义。基本单位中，就剩下“千克”一个，还停留在100多年前的旧标准上。

现行的千克定义要求，无论在世界的哪个角落，只要进行公制质量的测量，都必须向国际千克原型的质量看齐。人们通常把“质量”跟“重量”画等号，但严格说来，这是两个不同的概念。质量是指物体受到外力（比如重力）的作用时力求保持原有运动状态的惯性，而重量则来源于地球和物体之间的万有引力。为了确保世界各地的质量标准与国际千克原型吻合，每隔40年左右，“米公约”（Meter Convention，约定实行国际单位制的公约）的51个签字国，便会把各自保管的国际千克原型复制品送到国际计量局。测量专家会从储存室里请出国际千克原型，校正各国的复制品。一旦校正完毕，所有复制品将被遣返回国，担负起校正各国质量标准的任

务。这样的接力赛一直辗转延续到基层，最终使全世界实验室和工厂中的天平和其他称重仪器都得到校正。

从经济角度看，我们需要一个稳定不变的质量标准，但有证据表明，国际千克原型的质量正在随着时间流逝而变化。科学家考察过与国际千克原型制作年代相同的其他各种质量标准的相对变化，并对比了与质量有关的一系列基本常数以前和现在的测量结果（人们认为这些常数的值不会随时间发生显著变化）。他们已经证明，过去100年来，国际千克原型的质量很可能已经增加或减少了50微克以上。引起这种质量漂移的潜在原因是多方面的，比如空气中的污染物逐渐积聚在国际千克原型上，可能导致质量上升，而磨损则可能导致质量减轻。由于国际单位制的基本单位支撑着全世界的科研活动与工业生产，因此我们有必要采取措施，确保它们不会发生难以预测的变化。

千克定义方面现在遇到的问题，过去也曾经困扰过秒和米的定义。科

概述 / 重新定义千克

◆ 一个多世纪以来，计量专家一直用1块李子大小的圆柱状铂铱合金作为全世界通用的基本质量单位——千克的标准。突飞猛进的技术要求计量专家为千克制定出以自然界基本特性为依据的新定义。

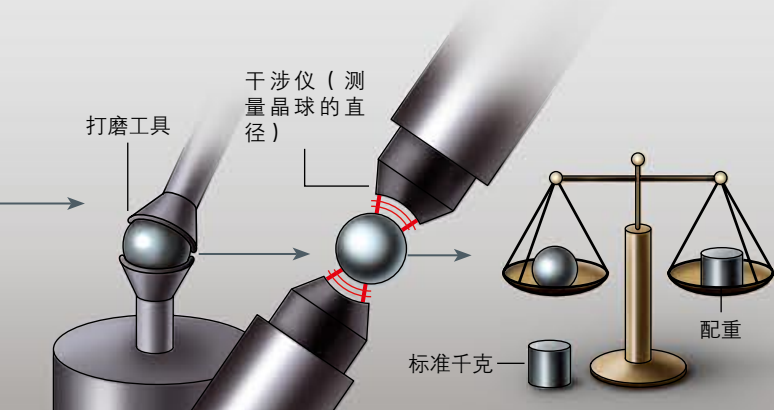
◆ 研究人员正在考察两种方案。一种是周密计算出1千克纯净的硅中包含的原子数目，另一种则采用间接比较机械功率和电功率的方法，通过长度、时间等物理量及量子力学效应来测定千克。

7 与此同时，技术人员将圆柱形硅锭打磨成近乎完美的球形。

8 科学家利用高精度技术准确地测定完工后晶球的直径。

9 然后，用 1 台超精度天平比较晶球及标准千克与配重的质量，测出前两者的质量差。

10 根据晶体的质量和直径，来计算它的密度，而 1 个原子占据的空间体积则可用公式 $a^3/8$ 算出。把这些结果与硅的平均摩尔质量 m 综合起来，有望测定 1 摩尔硅 28 中的原子数目，即阿伏加德罗常数 N_A 。所用的公式是 $N_A = 8m/a^3$ ，误差控制在亿分之二以内。



硅晶球

学家一度以地球自转的速率来定义秒。1967 年又重新定义为“铯 133 原子基态两个超精细能级间跃迁对应的辐射的 9,192,631,770 个周期所持续的时间”。计量专家之所以对秒的定义做出这样的改动，是因为地球自转的速率并非恒定不变，而铯 133 在一次特定跃迁期间发出的辐射的波长却不会随时间变化，而且在全球任何地方都可以重复这种测量。

虽然秒的定义已经摆脱了人造物，但这个定义依赖于某类原子的一种特定跃迁。遗憾的是，事实证明这种跃迁很容易受到电磁场的影响，程度之大超出了我们能够接受的范围。因此，秒的定义以后可能会再度修改，才能适应工程师们目前正在研制的超高精度光学时钟的需要。

与秒的定义相比，米的定义更为稳固。在国际单位制中，米的定义早前以人造物为基础——在一根高度稳定的铂铱合金棒上刻了两条线，以两线之间的距离作为米的标准。1983 年，米的定义被修改为“真空中光

在 1/299,792,458 秒的时间间隔内行进的距离”。这个定义的生命力应该比较顽强，因为它同一项关键的物理常数——光速挂上了钩，真空中的光速恰好为 299,792,458 米/秒。因此，不论今后电磁辐射频率的控制和测量技术取得了怎样的进展，都只是进一步提高了科学家测量米的精度，不会改变这个单位的定义。

清点原子

12 克碳 12 包含的碳原子数目等于阿伏加德罗常数，那么 1 千克碳 12 里有多少碳原子？乍一看，似乎是道简单的算术题，却难倒了全世界科学家。因为在加减乘除之前，我们先得重新计算阿伏加德罗常数的值。

一个颇有前途的方案准备将千克的定义与原子质量挂钩，用一定数量的某种特定元素的原子的质量来定义千克。比如确定 1 千克碳 12 中包含多少个碳原子，以后各国只要清点出定义中规定数目的碳 12 原子，得到

案看中了阿伏加德罗常数，因为它的定义就是 12 克碳 12 中包含的碳原子数目，数值约为 6.02×10^{23} 。实际上，不论是何种元素，1 摩尔元素中包含的原子个数都等于阿伏加德罗常数（如果某种元素的原子量为 m ，那么 1 摩尔这种元素的质量则为 m 克，1 摩尔碳 12 的质量就是 12 克）。

阿伏加德罗常数等于摩尔质量与单个原子的质量之比，只须测定元素的原子量就能得出摩尔质量，但这个策略的问题就在单个原子的质量上。你也许会耸耸肩：“用总质量除以原子的个数，问题不就解决了吗？”清点原子数目可没那么简单：若干物理效应已经把天平的精度和分辨能力限制在 100 毫微克左右，为了使质量测量精度达到千克定义的预定精度（大约亿分之二），至少需要 5 克被测物质。但单个原子的质量微乎其微，5 克物质中包含的原子具体数目是一个天文数字。物理学家的统计速度实在爱莫能助；仍然以碳 12 为例，即便我们能造出每秒可清点 1 万亿个原子的电

子计数器，要统计 5 克碳 12 中的碳原子数目也得花费 7,000 年之久。

不过，科学家可以利用完美晶体来绕过原子计数方面的困难。因为组成晶体的结构粒子在空间上的排列很有规则，只须测定晶体中原子平面的间距，也就是一个晶胞的一条边长，根据晶体结构特点，就能求出单个原子占据的体积。再结合晶体的总体积，一个简单的除法运算后，原子数目就轻松到手。

首先，我们需要一块接近 1 千克重的晶体。晶体结构必须尽可能完美，基本上不含空洞和杂质，才能确保晶体结构完整而规则，每个晶胞内的原子数目都一样。科学家们最终选中了硅，因为半导体行业对硅的了解已经非常透彻，而且具备成熟的工艺技术，能培育出基本纯净的大块单晶硅。研究人员会把原始的硅晶体切成几块，将其中一块加工成 1 千克重的晶球，剩下的用作测定各项数值的试样（见第 72 页及第 73 页的流程图）。之所以要把晶体打磨成圆滚滚的晶球，是因为球体没有容易磨损的棱角，而且工艺专家已经掌握了必要的技术，把硅加工成极为接近完美的球体并不困难。奥地利技术人员已经打造出一个直径为 93.6 毫米的硅晶球，它与理想球体的偏差不超过 50 纳米（理想球体表面上的每一个点到中心的距离都一样）。如果把每个硅原子放大到弹珠那么大（直径约 20 毫米），硅晶球就会变得跟地球一般大小，这颗“地球”上的最高海拔和最低海拔相减不超过 7 米（也就是 350 颗原子“弹珠”

叠起来的高度）。

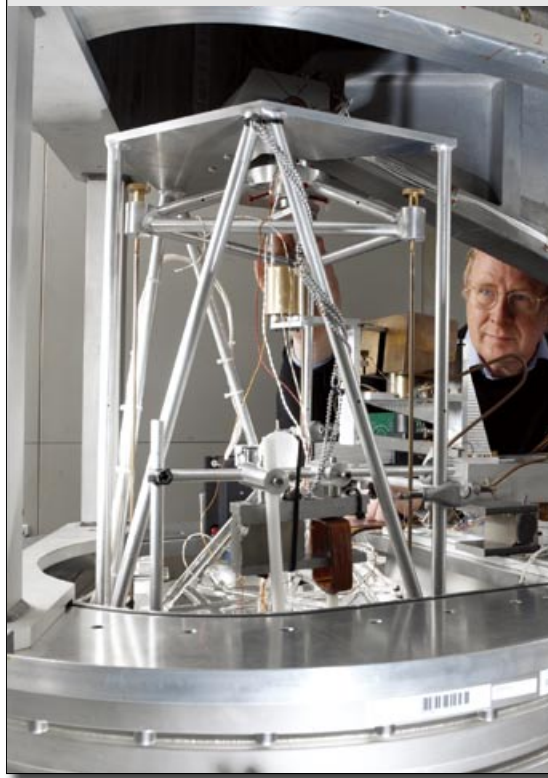
有了基本原料，现在来看看我们需要测定的量：晶球的体积和重量、单个原子占据的体积以及晶球包含的元素的摩尔质量。首先瞄准摩尔质量。考虑到同位素的影响，研究人员必须测定天然硅晶体中的 3 种同位素（硅 28、硅 29、硅 30）各自所占的比例。在这一步中，科学家采用了质谱分析法，这种技术根据不同的荷质比（电荷和质量的比值，同位素带有的核电荷相同，但原子量不同），把不同的带电同位素分离开来。根据从试样中测得的同位素比例，研究人员最后能综合得出硅晶球所含元素的摩尔质量。

要想测得单个原子占据的体积，就要再拿出一块试样，测量其中原子平面间的距离。研究人员在晶体试样上车出若干条细缝，使晶体的一部分能够在保持原子平面的角方向不变的情况下，相对晶体的其余部分往复移动。研究人员将试样放置在真空中，用波长相当短的 X 射线照射试样，这种 X 射线能够轻易在晶体内的原子平面上发生反射。晶体移动部分和静止部分中的原子平面的相对位置如果发生变化，X 射线的反射强度也会跟着变化。根据这些变化，研究人员就能计算出，晶体中移动部分移动的距离究竟相当于多少个原子平面之间的间距。同时，出动激光干涉仪，测出移动部分的平移距离。又一个除法运算，得出两个原子平面的间距，也就是晶胞每条边的边长（以米为单位）之后，再结合相关的晶体结构知识，就能得到单个原子占据的体积大小。

最后的工作落在硅晶球上。为了测出它的体积，研究人员必须测量出平均直径，而且误差要控制在 1 个原子的直径之内。首先，他们将晶球置于真空中，小心翼翼在晶球相对的两

从硅晶球到千克标准

另一种重新定义千克的方法是通过等效能量来测定质量。研究人员将金属线圈置于磁场中，仔细调节电流通过线圈时产生的力，使之恰好与一块重物的重量相平衡。这个方法要用到一种极精密的尖端称量仪器——瓦特天平（见下图），天平一边放上普通的配重（见右边的图表），另一侧放上 1 块质量为 m 的标准千克，下方是一段水平的线圈。标准千克的重量等于 m 与重力加速度 g 之积。

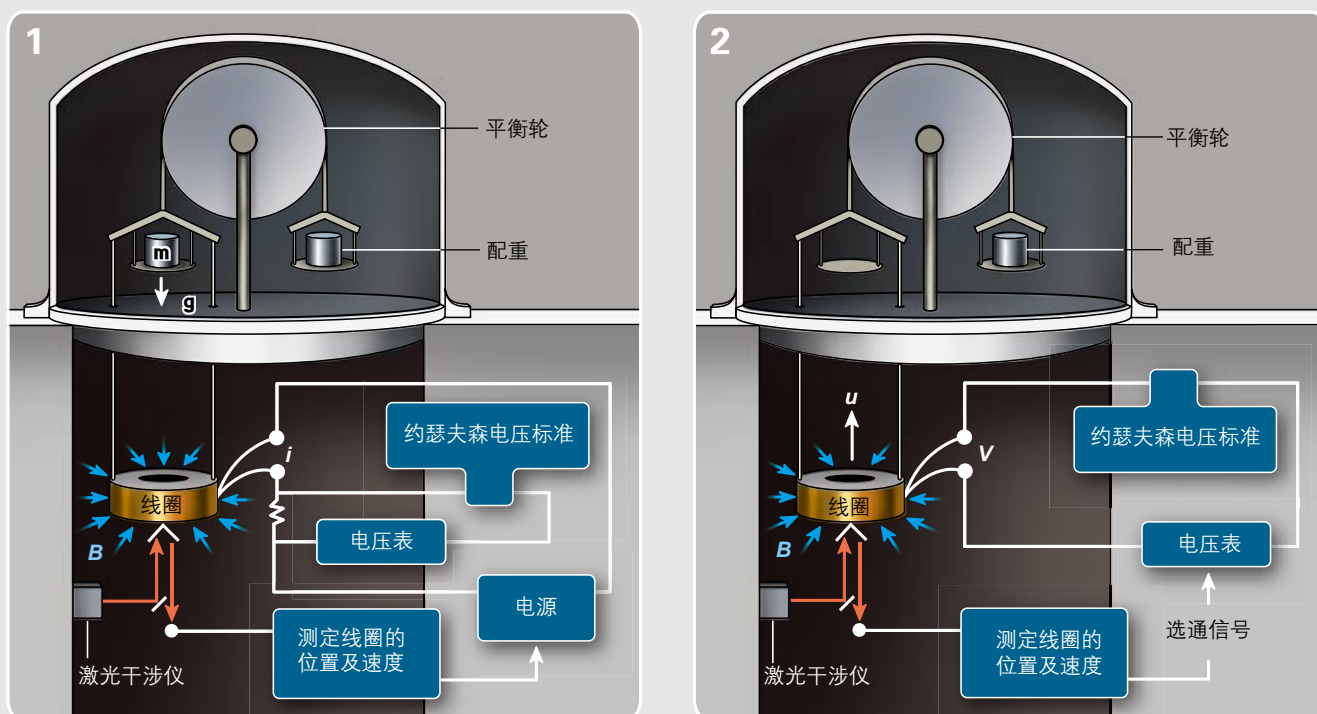


侧，相向发射已知频率的激光，并收集从晶球表面上反射回来的激光，据此可以确定由晶球挡住和没有晶球挡住时激光的光程差（以波长为单位）。由于光的波长等于固定不变的光速除以已知的激光频率，由此就能得出以米为单位的晶球直径。考虑到这个晶球距离理想球体仍有极微小的偏离，以及表面光学特性的影响，还需要对结果略为校正。

测量硅晶球的质量也不简单，计量专家拿出常规天平和配重（tare

本文作者

伊恩·罗宾逊在英国牛津大学获得硕士学位，在英国伦敦大学学院读完博士，现在是英国国家物理实验室（NPL）的研究员。他参与了英国国家物理实验室 3 代瓦特天平的研制过程，并且在国际计量委员会下属电磁咨询委员会中担任要职，主持用电磁方法更新千克标准的工作。



1. 称量阶段

第一步先把线圈置于 1 个径向磁场中，让电流流过线圈。电流产生 1 个作用于线圈的电磁力，方向与重力的方向相反。如果作用于整段线圈的电磁力刚好与标准千克达到平衡，我们就可以计算出标准千克的质量 m ：

$$m = BLi/g$$

B 代表磁场强度， L 是线圈所用电线的总长度， i 是电流强度。这一方法用电磁手段称出物体的重量，但遗憾的是，实际上我们几乎找不到什么方法能以足够高的精度直接测量出乘积 BL 的值。

2. 运动阶段

不过，如果让这一小段线圈沿着与磁场 B 垂直的方向以恒定的速度 u 运动，那么线圈上将产生大小为 BLu 的电压 V （以电磁感应定律为基础，与发电机的工作原理相仿）。电压和速度可以非常精确地测量出来，因此，上一个方程中那个棘手的乘积 BL 就可以抵消，从而得出：

$$m = Vi/gu$$

最终结果确立了机械功率和电功率之间的等价关系。测出的机械功率相当于重物以速度 u 沿垂直方向运动时获得的功率值，而电功率相当于 1 个被加以电压 V 的理想电阻在电流强度为 i 的电流通过时耗散的功率。然而，由于这两个测量阶段是分开进行的，因此这个功率并不是真实存在的功率（用科学家的话来说就叫“虚功”）。这类“虚功测量”使我们可以忽略实验两个阶段产生或耗散的实际功率，把不确定性（即误差）降低到我们期望的范围以内。

在这个实验中，研究人员借助几种高度精确的测量系统监控瓦特天平。例如，用激光干涉仪来测量线圈的运动情况，而时间的计量则以精度极高的参照信号为准。用灵敏重力计（图中未示出）来测量当地所受的地球引力场的拉力。为了以超高精度测量电压和电流，研究人员还使用了基于约瑟夫森效应和量子霍尔效应的仪器。既然电压和电流是借助这两种量子力学现象来测定的，科学家就能够以极高的精度，用普朗克常数、米、秒来描述千克。

mass)，采用一种名为替换称量法（substitution weighing）的方法。先把晶球放在天平的一端，在另一端放上配重，观察读数；然后用一块质量经过国际千克原型校正的 1 千克砝码替换晶球，再次观察天平计数。只要替换时小心谨慎，使天平丝毫不受替换的影响，那么根据天平的两个读数之差就能得出晶球和现行质量标准之间的差距，进而确定晶球的质量。测量过程中，配重的质量不需要测定，只要保持恒定即可。这种称量法可以排

除称量过程中因天平两臂长度有细微差别等因素造成的误差。

所有需要的数据都已测量完毕，只要简单运算就可以得出阿伏加德罗常数的值。这一方案原理上说来简单，但真正实施起来却举步维艰，因为它对精度的要求极高。实际上，这项工作非常复杂，成本又高，因此，没有任何一家计量机构愿意独自完成整个任务。最终奥地利、比利时、德国、意大利、日本、美国 and 英国等地的众多实验室决定共同承担这项任

务——这个实验室网络被称作“国际阿伏加德罗协作组织”（International Avogadro Coordination）。目前，这个组织对天然硅晶球的测量分析已经基本完成，得出了 1 千克晶球内所包含的原子数目，精度接近千万分之三，但这样的精度还不能让科学家们满意。为了达到更高的精度，他们正在着手打造 1 个几乎完全由一种硅同位素（硅 28）构成的晶球。制造这样一个晶球，将耗费 125 万 ~ 250 万美元，还要动用过去俄罗斯用来制造武器级

铈的气体离心机来提纯硅原料。阿伏加德罗协作组织的目标是将最终结果的不确定度降到亿分之二以下，并且希望能在2010年以前达成这一目标。

“称出”能量

换一个角度，把质量和能量联系起来，就能避开清点原子的困难，但能量耗散的问题同样让科学家们举步维艰。幸好，我们还有瓦特平衡法。经过一系列公式转换，千克定义终于找到了可以依靠的归宿——普朗克常数。

爱因斯坦著名的质能转换公式 $E=mc^2$ ，把质量和能量这两个概念从根本上联系起来。这一原理为我们提供了重新定义千克的另一条途径：用等效能量来定义质量。然而，与统计原子数目的方法一样，这个方案也存在相当大的缺点。例如，质量直接转化为能量的过程，会释放出大量的原子能。所幸，我们还有更简单易行的方法，可以克服能耗带来的问题——对传统的电能和机械能（或机械功）加以比较。

为了让大家对这一方案可能遭遇的困难有个大概的印象，我们试想用1台电机来提升1个质量为 m 的物体（其实就是克服重力使物体上升）。在理想状况下，输入电机的所有能量都应该用来增加物体的势能（即电能转化为势能）。因此，只要知道输入电机的电能 E 、物体移动的垂直距离 d 和重力加速度 g ，就可以利用公式 $m=E/gd$ 计算出质量（测量地点不同，重力加速度也有细微变化，所以必须用精密重力仪非常精确地测量当地的重力加速度）。然而，在现实世界中，电机和系统的其他部分不可避免地存在能量损耗，精密测量几乎是不可能的。虽然研究人员曾尝试过利用超导悬浮物体来进行类似的实验，但还是很难让精度超过百万分之一。

大约30年前，英国国家物理实验室（NPL）的布里安·基布尔（Bryan Kibble）设计了一个方案——现在被称作瓦特平衡法（watt balance，也叫瓦特天平），可以通过测量“虚功”（见第74页和第75页的图表）来绕过能

量损耗的问题。换言之，只要设计一个相当精巧的两步操作，科学家就能排除原本看似无法避免的能量损失。这个方案用约瑟夫森效应和量子霍尔效应来精确测量电阻（单位为欧姆）和电势（单位为伏特），使标准的千克、米、秒等基本物理量联系起来。两种效应都与普朗克常数有关，因此，借助这一方法，科学家就能以非常高的精度测量出普朗克常数的值。

在瓦特天平中包含一个常规天平，刚开始，研究人员把一个质量为 m 的物体悬挂在常规天平的一端，另一端挂着一段总长为 L 的线圈，线圈位于一个磁场强度为 B 的磁场中。在线圈中通以强度为 i 的电流，线圈就受到了一个大小为 BLi 的力的作用。仔细调节电流强度，直至天平恰好平衡（也就是使 $mg=BLi$ ），然后撤掉重物 and 电流，进入实验的第二阶段。让线圈以速度 u 穿过磁场，切割磁力线，线圈上就会感生出电压 V （电磁感应现象， $V=Blu$ ）。第二阶段的目的就是要求得 BL 的乘积，用其他任何方法都很难测定 BL 的数值。如果磁铁和线圈均能保持充分稳定，使 BL 之积在实验的两个阶段中完全相同，那么综合两步的结果，就可以得出等式 $mg u=Vi$ ，表明机械功率（力与速度之积，即 mg 乘以 u ）等于电功率（电压 V 与电流强度 i 之积）。将 V 和 i 的值分开测量，同时把 mg 和 u 的值分开测量，实验结果就可以不受任一实验阶段中实际功率损耗的影响（也就是说，称量阶段中线圈耗散的热量及运动阶段的摩擦损耗均不影响实验结果）。因此，这套装置可以说是测量出了“虚”功。

为了测定瓦特平衡法称量过程中电流强度 i 的值，科学家让电流流过一个电阻。电阻的阻值通过量子霍尔效应来测量，这样就可以用量子力学

量子效应携手经典物理

虽然19世纪的物理学家就已通晓瓦特天平的工作原理，但直到过去45年中，发现了约瑟夫森效应和量子霍尔效应之后，科学家们才能够借助瓦特天平通过基本物理常数来测定质量。这两种现象都只有在低于液氮温度（4.2K）时才能发生。

约瑟夫森效应

在两块超导体中间夹1层薄薄的绝缘层，就构成了约瑟夫森结（Josephson junction）。电子对可以通过所谓的量子隧穿（quantum tunneling），越过这道绝缘层。如果用微波照射约瑟夫森结，超导体中的电子对就可以吸收微波中的光子，飞越间隙。这时，绝缘层两端的电压将是 $hf/2e$ 的整数倍，其中 h 为普朗克常数， f 为微波辐射的频率， e 为基本电荷（任何带电体所带的电荷量总是等于一个最小电荷量的整数倍，这个最小电荷量就是基本电荷，或称作元电荷）。人们相信这个公式是准确的，它能为我们提供一个空前精准的电压标准。

量子霍尔效应

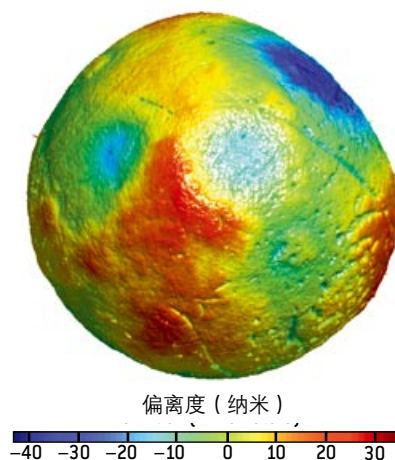
经典霍尔效应可以出现在任何导体中。当电流流过置于磁场中的介质时，就会发生霍尔效应。磁场产生一个作用于载荷子（在电流中携带电荷的粒子，通常电线中的载荷子就是电子）的力，力的方向既垂直于磁场的方向，也垂直于电流的方向，从而促使电荷在器件的侧面聚集，产生一个电压以及与电压对应的电场，抵抗载荷子承受的磁力。这一电压与外加电流和磁场强度成正比，因此，经典霍尔效应可以看作是阻碍电流流动的一种特殊的电阻（霍尔电阻），电阻大小与磁场强度成正比。

将特制的半导体器件置于超低温（1.2~0.03K）和强磁场的环境中，就可以观察到量子霍尔效应。在这些条件下，由于量子力学的作用，量子霍尔效应与磁场强度及半导体器件的材料无关。此时，霍尔电阻的值等于 h/ne^2 ，其中 n 为一个小整数。这个公式为科学家提供了一个基于量子力学的电阻测量标准。

来描述电阻的值。电阻上的电压和线圈上的电压则借助量子力学的约瑟夫森效应来描述。最终结果使研究人员可以用普朗克常数和频率来表示电功率。等式中的其他项仅与时间和长度有关，因此，研究人员可以用普朗克常数，加上米和秒来定义质量 m ，而米和秒这两个单位都已经建立在自然界中的常数基础上了。

这一方法的原理直接明了，但为了达到高于亿分之一的期望精度，科学家必须榨干现有许多最先进技术的最大潜力，以它们的极限精度测量各主要的相关物理量。除了要非常精确地测定重力加速度 g ，还必须在真空中进行所有操作，消除称量阶段中空气浮力的影响以及测速阶段空气折射率的影响（因为速度测量用的是激光干涉仪）。此外，研究人员也必须保证线圈产生的力精确地指向垂直方向，并对整套装置进行非常仔细的角准直和轴向准直校正（校正精度分别要达到至少 50 微弧度和 10 微米）。最后，当瓦特天平在运动模式和称量模式之间切换时，磁场的状况也必须尽在掌握中，这就要求永磁铁的温度非常缓慢而平滑地变化。

瑞士联邦计量局、美国国家标准与技术研究所（NIST）以及英国国家物理实验室，这 3 个实验室已经研制出了瓦特天平。与此同时，法国国家计量局（BNM）的研究人员正在组装一台原型瓦特天平，而国际计量局的天平还处在设计阶段。因此，这些实验室最终将打造出 5 台瓦特天平，它们的设计方案各不相同，测量结果能在多大程度上相互吻合，将作为一个重要指标，衡量每套设备的研制人员在查明系统误差，并设法消除误差方面所取得的成效。上述 5 个研究团队的长远目标是，使普朗克常数的测量精度达到接近亿分之一的水平，甚至



■ 这幅数字图像中的硅晶球直径为 100 毫米，研究人员用 X 射线光学校准干涉仪对它进行了仔细测量。图像中的颜色代表晶球表面与理想球面的偏离程度。

有可能逼近十亿分之五。

全面更新基本单位

门捷列夫说过：“没有测量，就没有科学。”基本单位被称作测量工作的“宪法”。再过几年，7 个基本单位重新定义完毕，度量衡系统焕然一新，就将为精确度不断提升的研究工作提供坚实的基础。

阿伏加德罗常数的最新测量结果，以及英国国家物理实验室和美国标准与技术研究所使用瓦特平衡法得出的结果，相差在百万分之一以上。研究人员必须设法缩小这个差异，才可能重新定义千克。

用阿伏加德罗常数或普朗克常数来重新定义千克，将大大减少与这些常数相关的测量误差，产生广泛影响。此外，如果研究人员通过诸如综合使用瓦特平衡法和可靠的电容测量等手段确定了普朗克常数和基本电荷的值，那么其他许多重要常数的值就可以跟着固定下来。

国际计量委员会建议各国的测量实验室继续推进测定基本常数的研究工作，加快重新定义基本单位的进程。研究人员希望一步步的努力能在 2011 年前实现一套全新的单位定义——我们不但能拥有千克的新定义，还能更新安培、绝对温标和摩尔的定义。

一旦更新定义的工作大功告成，可以由少数几个国家建造或保管复现新定义所需的设备和装置，其他国家则可以根据实验室研究和测量工作公认的千克值来校正自己的标准。一旦有需要，我们可以随时对国家标准和基于新定义的国际标准进行对比，再也不用担心那个独一无二的标准万一受损，我们将无标准可依。新的定义使主管部门可以经常对全球质量标准进行微调，确保它不会发生漂移，始终锁定在公制质量单位的最佳值（也就是获得独立验证的最新公认值）上。这样的系统稳固可靠，将保障科技发展长盛不衰。SI

扩展阅读

- Gravimetry.** Wolfgang Torge. Walter de Gruyter, 1989.
- Comprehensive Mass Metrology.** Edited by M. Kochsiek and M. Glaser. Wiley-VCH, 2000.
- History and Progress in the Accurate Determination of the Avogadro Constant.** P. Becker in Reports on Progress in Physics, Vol. 64, No. 12, pages 1945–2008; December 2001.
- Josephson Voltage Standards.** J. Kohlmann, R. Behr and T. Funck in Measurement Science and Technology, Vol. 14, No. 8, pages 1216–1228; August 2003.
- The Quantum Hall Effect as an Electrical Resistance Standard.** B. Jeckelmann and B. Jeanneret in Measurement Science and Technology, Vol. 14, No. 8, pages 1229–1236; August 2003.
- Replacing the Kilogram.** B. P. Kibble and I. A. Robinson in Measurement Science and Technology, Vol. 14, No. 8, pages 1243–1248; August 2003.
- Tracing Planck's Constant to the Kilogram by Electromechanical Methods.** A. Eichenberger et al. in Metrologia, Vol. 40, No. 6, pages 356–365; December 2003.

激光五彩斑斓,但是你一定没有听说过白色的激光。对光来说,白色最为复杂,集万千色彩于一身,而激光却一向以颜色单纯而著称。想把激光的颜色漂白,绝不像用一块三棱镜将白光幻化成七色彩虹这么简单。一个意外的实验结果,让科学家终于找到了“漂白”激光的方法。白色激光拥有更加神奇的特性,可以制造出上亿年都不偏差一秒的时钟,还能把光纤互联网的传输速率提高上千倍。

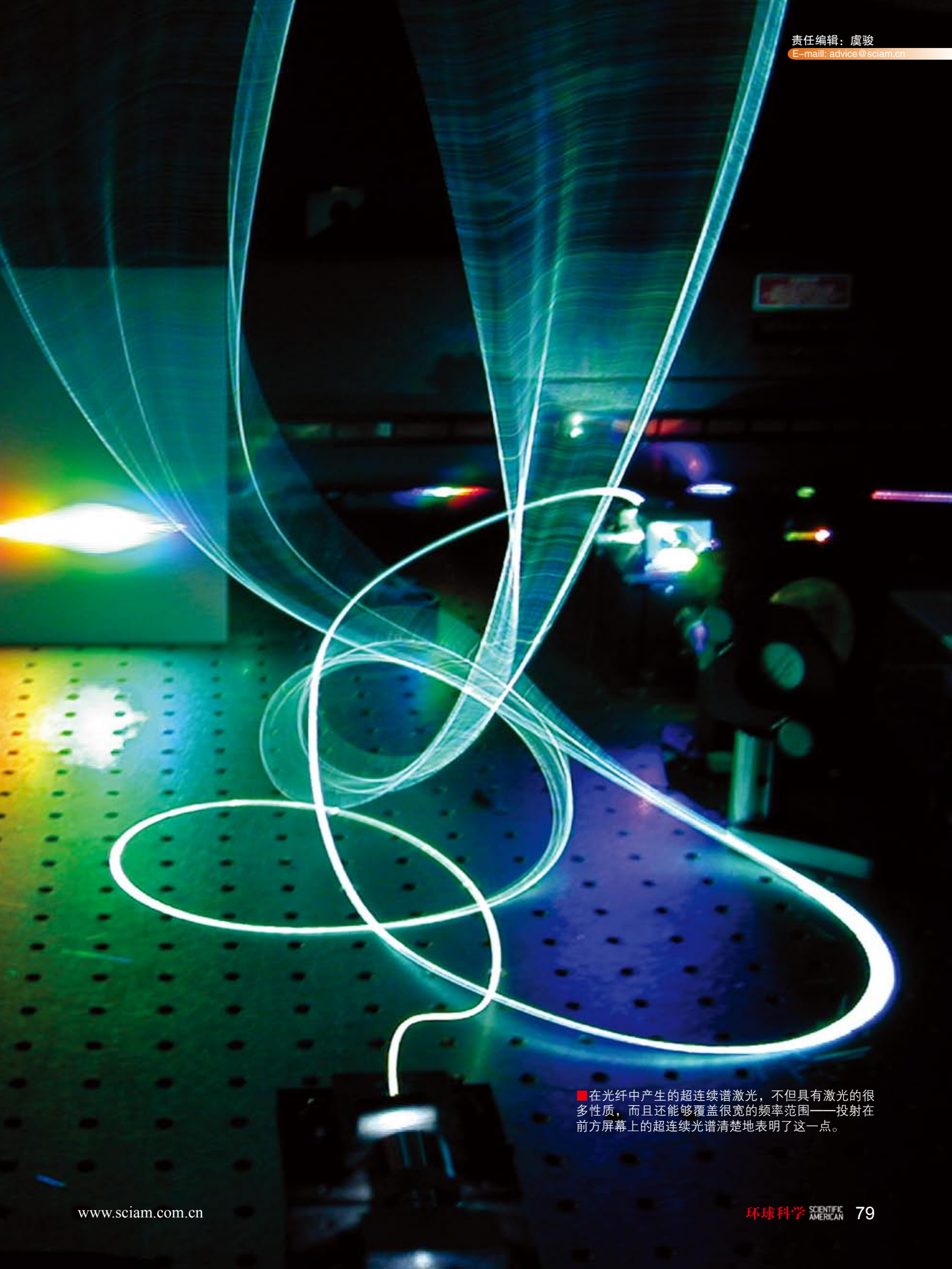
“漂白” 激光

撰文 罗伯特·R·阿尔法诺 (Robert R. Alfano)
翻译 赵晓凡
审校 姜采云

光是自然界中最重要的现象之一,它的能力也最为全面:既可以像信使一样把信息从一个地方传送到另一个地方,也可以像炼金术士那样改变物质成分——更专业地说,光可以诱发和调节化学、生物学以及凝聚态物理学中的关键反应环节。对于人类来说,没有光便无法看见任何东西。

光的“多才多艺”源自于它千变万化的表现形式:短暂的闪光、会聚的光点、连续的光束,还有光的明暗变化、频率高低和偏振等等。对于可见光而言,光的颜色取决于它的频率或波长(波长越短频率越高),一束光往往包含着许多频率。以我们最熟悉的人造光源白炽灯为例,它发出的光覆盖了整个可见光频段,因此呈现出白色。

如果你只想让房间沐浴在温暖的灯光中,那么白炽灯足以满足你的要求;但对于更高级别的应用来说,白炽灯就显得力不从心了,因为它发出的光具有以下几个弱



■在光纤中产生的超连续谱激光，不但具有激光的很多性质，而且还能够覆盖很宽的频率范围——投射在前方屏幕上的超连续光谱清楚地表明了这一点。

点：光线的强度较低；光向四面八方扩散，并非朝着单一方向辐射；构成光的那些粒子（即光子）彼此并非谐调一致地发生振动[即不具备相干性(coherent)]。激光则很好地解决了上述所有问题，但激光的频率范围很窄，它发出的并不是白光。对于很多应用而言，颜色单一的相干光源已经足够了。尽管如此，同时具有激光特性，又像白炽灯那样可以发出白光（即频率范围很宽）的光源，却能为我们打开一个全新的应用领域。

1969年，我还在美国纽约大学攻读博士学位，作为美国通用电话电子实验室（现在的威瑞森通讯公司，位于纽约的贝塞德）的一位技术人员，当时我与斯坦利·L·夏皮罗(Stanley L. Shapiro)一起共事。我们共同发明了一种全新的激光，它的频率范围很宽，能够覆盖大部分可见光频段，因此我们给它起名为“超连续谱”激光(supercontinuum, 缩写为SC)。今天，研究人员制造出来的超连续谱激光的频率范围可以达到甚至超过一个倍频程(octave)。这里的倍频程类似于声音中的八度音阶，如果光的频率范围从某一频率一直延伸到该频率的两倍，这种光就是一个倍频程的光。可见光的频率范围大约从390万亿赫兹延伸到770万亿赫兹，因此整个可见光频段大约就是一个倍频程。这样，超连续谱激光就能实现“白色”激光的梦想。

跨越一个倍频程的激光使某些很有价值的设想有了实现的可能。美国

科罗拉多大学博尔德分校及美国国家标准及技术研究所(NIST)的约翰·霍尔(John Hall)和德国马普量子光学研究所(位于加尔兴市)的特奥多尔·亨施(Theodor Hansch)，因使用这种激光实现了极其精确的时间和频率测量，共同获得了2005年度诺贝尔物理学奖。

我和夏皮罗用来产生超连续谱激光的基本方法，是把强度非常高、持续时间只有几个皮秒(万亿分之一秒)的绿色激光脉冲，输入到特殊的晶体或玻璃中，使光脉冲在其中传播。我设计这个实验的最初目的，是为了确定诸如方解石之类的晶体中振动激励(即声子)的寿命，结果却观察到了白色激光的产生：输入的绿色激光脉冲与介质发生了某种相互作用，导致激光的频率范围急剧展宽。后来，我们还尝试使用了液体介质(其他研究人员甚至使用了气体介质)，使超连续谱激光的光谱延伸到了红外频段。

研究液体中的声子动力学成为了超连续谱激光的第一个应用。其后不久，研究人员又把超连续谱激光作为一种全新的工具，用来探测发生在皮秒和飞秒(千万亿分之一秒)时间尺度上的变化过程——包括光合作用和视觉感知中光子被吸收时的主要化学过程、构成整个化学反应的各个步骤，以及激发态分子的无辐射跃迁过程等等。

1999年，美国朗讯科技公司的吉南德拉·K·兰卡(Jinendra K. Ranka)、罗伯特·S·温德勒(Robert

S. Windeler)和安德鲁·J·施腾策(Andrew J. Stentz)在一种特殊的光纤中产生了超连续谱激光，这为超连续谱激光开启了一段全新的迅速发展时期。除了一般的优点以外，光纤还可以把光限制在一个很小的横截面以内，这样即使传播很远的距离，光强仍可以保持很高的水平(在高光强的条件下，产生超连续谱激光所依赖的非线性光学过程会变得更加明显)。根据激光频率的不同，研究人员可以量身定制光纤的光学性质，使超连续谱激光的产生达到最优化，还可以探索新的物理效应，以更好地控制和利用超连续谱激光。迄今为止，超连续谱激光的应用已经扩展到很多领域，包括超精密时间及频率测量、宽带光纤通信、大气科学、光学相干断层分析(optical coherence tomography)成像技术等，还能将超短脉冲压缩到更短的时间尺度，也许还可以应用到空间重力测量领域，用来勘探石油和矿藏。

创造白色激光

将激光由单色转变成白色，并不像看上去这么简单，其中涉及多种物理效应。掌握这些效应，就能更好地驾驭白色激光。

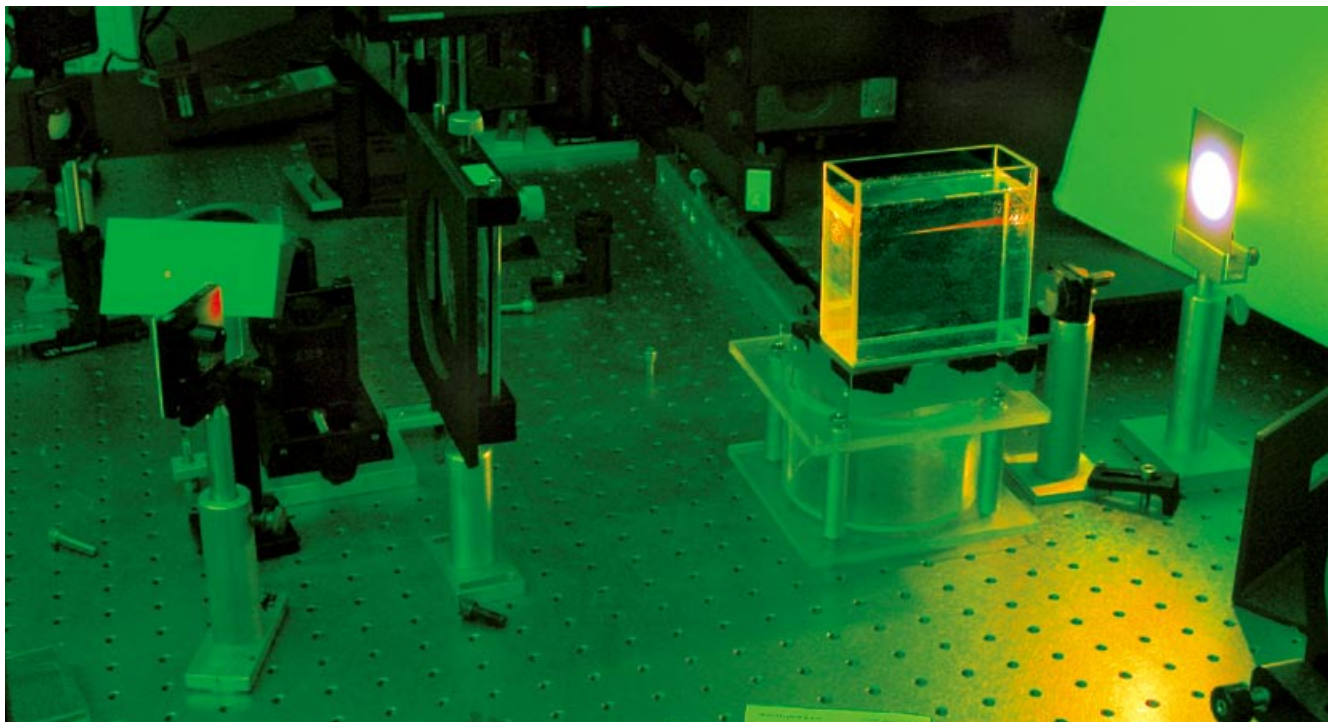
多种不同的物理效应都可以引起激光脉冲频率范围的展宽，从而产生超连续谱激光，其中最主要的一种物理过程叫做“自相位调制”(self-phase modulation)。在这种物理过程中，光脉冲改变了它所经过的物质的特性，而特性被改变的物质反过来又会影响光脉冲，使它的频率范围变宽。为了更好地理解这一物理过程，我们可以想象一个光脉冲的具体波形：脉冲的电场是一个振荡的序列，开始时振幅很小，然后逐渐增加至最大，接着又衰减到零(见83页中的框图)。振

概述 / 超连续谱激光

◆激光有着很高的强度和相干性，应用非常广泛。与白光不同的是，激光覆盖的频率范围一般很窄。超连续谱激光不但包含了激光的有用特性，而且像白光一样拥有很宽的频率范围。

◆目前，产生超连续谱激光最普遍的方法是，将高强度的激光脉冲射入到特制的光纤中。当光脉冲沿着这种光纤传输时，会通过一些所谓的光学非线性过程，与构成光纤的物质发生作用，从而使它的频率范围加宽。

◆超连续谱激光的应用极为广泛，包括频率及时间的精密测量、高速光纤通信、空气中化学物质的检测，以及医学成像等。



■产生超连续谱激光的实验装置，将高强度的激光（红色）射入适当的光学介质（比如图中所示的装在容器中的液体）之中，使激光的频率范围大大加宽（白光）。

荡序列的大致轮廓（所谓的“包络”）清楚地勾勒出了光脉冲中，光强先增长后又衰减的整个过程。介质本身的一种特性（即折射率）决定了这些电磁振荡穿过介质的方式。光在介质中的传播速度就等于真空中的光速 c 除以介质的折射率。

如果光脉冲的强度足够大，光波的电场就会强烈扭曲介质中原子周围的电子云，使该处的折射率略微增加，这种现象叫做光克尔效应（optical Kerr effect）。光克尔效应改变了光脉冲振荡的波峰和波谷出现的位置，也就是光脉冲振荡的相位（phase）。确切地说，折射率的增加会延迟电场振荡中波峰和波谷出现的时间。

折射率增加的幅度由光强决定，所以当光脉冲经过介质中的某个位置时，该处的折射率会随着光强而发生连续变化，光脉冲的相位也会发生相应改变。在光脉冲的前半部分，光强和折射率都随时间增长，波峰和波谷

的相对位置就会越来越滞后，峰谷之间的距离被越拉越长，光波的频率也因此变小。在光脉冲的后半部分，折射率随时间减小，相应地，光波的频率就会增大。这样，当光脉冲从介质中射出之后，脉冲前端的振荡就会变得更稀疏，而尾部的振荡则变得更密集。整个波形就像一根两端被固定的弹簧，中点却向某一端偏移了一小段距离一样（见 83 页插图）。

如果从激光脉冲光谱（即光强在各个频率或波长上的分布）的角度来考虑的话，激光频率范围的展宽就更加一目了然了。事实上，即使在光克尔效应起作用之前，一个激光脉冲也并不只包含单一的频率。相反，光脉冲可以看成是许多频率不同的光波叠加在一起构成的。所有的激光器都只发出特定的、波长不连续的光，因此激光脉冲的光谱就像一排等间隔排列的尖峰。这种光谱形状与脉冲的形状类似，又被称为“频率梳”（frequency

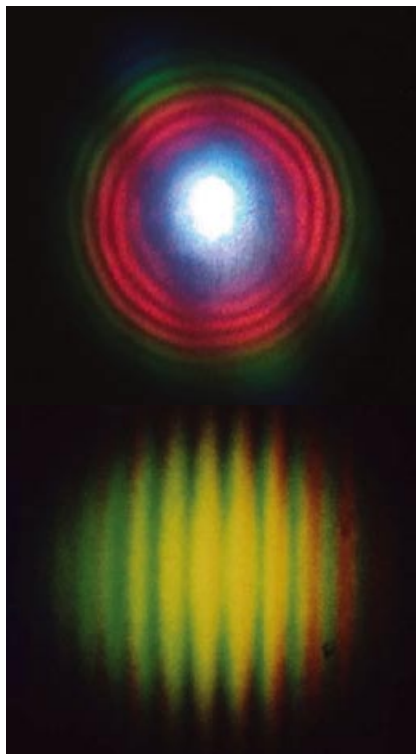
comb）。光谱轮廓线的宽度代表了光脉冲的频率范围（即带宽）。当一个强光脉冲从一种光克尔效应明显的介质中经过之后，光谱轮廓线就会加宽。

1969 年，我和夏皮罗发现超连续谱激光时，使用的是能量为 1 毫焦（千分之一焦耳）的皮秒光脉冲。1 毫焦的能量似乎微不足道，只能将一枚曲别针升高几厘米，但当这些能量集中在 1 皮秒内，并聚焦成一个细小的光点时，它的功率就能达到 100 万千瓦，光强也非常之高。短短 1 个皮秒，激光已经足以实现很多功能。通常，光脉冲在光克尔效应很强的玻璃中只能传输几厘米，如果传输的距离更长，另外一种与折射率相关的作用（即介质的色散）就会瓦解激光脉冲。在通常的介质中，频率较高的光折射率较高，因而传播速度较慢，反过来，频率较低的光传播速度则较快。这样，光脉冲中的频率不同的光波就会以不同的速度向前传播，原本由这些光波

紧密排列而成的光脉冲，就会越拉越长，很快消失于无形（这个过程被称为光脉冲的塌缩）。因此对于通常的介质来说，要在短短几厘米的传输距离内产生超连续谱激光，就必须使用具有很高光强的激光，这样才能引起足够强的物理效应，使光脉冲的频率范围充分展宽。

1999年，兰卡及其同事使用具有零色散和反常色散的光纤，最先解决了光脉冲塌缩难题。通过使用这些光纤，超短脉冲即使传输几十米（与普通介质中的几厘米相比，增长了上千倍）也不会坍塌。光脉冲在光纤中传输的时间（即光克尔效应之类的物理过程发挥作用的时间）大大增加，因此即使这些效应不那么强烈，也能得到十分明显的效果。这就意味着，功率更低的激光器所发出的微焦（百万分之一焦耳）光脉冲，甚至纳焦（十亿分之一焦耳）光脉冲，都能够用来产生超连续谱激光，以代替早期使用的毫焦光脉冲。

当输入光纤的光脉冲频率刚好位于反常色散区时，另外一种重要的物理现象将起主导作用。在这种情况下，每个光脉冲都会演变成一种叫做“孤子”（soliton）的特殊波。孤子的特点是传播时形状不发生改变，而通常的脉冲往往会逐渐扩散。这种恒定性是由作用在孤子上的反常色散平衡了介质中同时发生的其他效应所致。当介质材料具有反常色散时，导致超连续



■ 当一束波透过小孔时，就会发生衍射现象，这也会影响超连续谱的产生。上图是一束近红外激光通过直径300微米的小孔后，在邻近的玻璃片上投出的衍射光斑，中心光点的强度很高，足以产生超连续谱（白色）。在下图中，经过直边衍射的激光产生了超连续谱激光。两束这样的超连续谱激光发生干涉，因此产生干涉条纹。

谱激光产生的主要原因是这些孤子，而不是前面提到的光克尔效应之类的自相位调制机制。

不论介质的色散是正常还是反常，超连续谱激光的频率范围都会在多种非线性光学效应的共同作用下进一步展宽，这些作用包括四波混频过程（four-wave mixing）和拉曼（Raman）

过程。在四波混频过程中，3种频率不同的光在非线性光学介质中相互作用，会产生第4种频率的光。拉曼过程则涉及光与介质中声子的相互作用，作用的结果就是，光子得到或损失能量，从而使光的频率发生改变。

所有这些相互作用都会对光脉冲的改变产生或轻或重的影响。至于哪一种物理过程起主导作用，则取决于各个物理参数，包括光的频率，输入光脉冲的强度及持续时间，以及光纤的光学性质等——所有这些因素都是研究人员可以控制的。要想预言最终的输出结果，利用计算机对光纤中光脉冲的传输过程进行数值模拟是一种可靠的方法。不然就只能进行试验才能看到最终的结果。

用来产生超连续谱激光的光纤是一类被称为微结构光纤（microstructure fibers）的特殊光纤。这类光纤的横截面上排列着很多小孔，从头到尾贯穿整条光纤（见第84页中框图）。在一种比较常见的设计方案中，这些小孔包裹在一根硅芯周围，就像一个中心被填实的蜂窝一样。硅芯的折射率较高，而周围散布着空气孔的包层（cladding）的折射率则较低。这种内高外低的折射率分布有利于引导光脉冲沿着光纤传播。使用具有零色散和反常色散特性的微结构光纤，研究人员已经得到了频率从红外一直延伸到紫外的超连续谱激光，其频率范围已经超过两个倍频程。

本文作者

罗伯特·R·阿尔法诺，美国纽约市立大学市立学院著名的科学及工程学教授，超快光谱及激光研究所主任，纽约州光学应用高等技术中心主任。他的研究方向包括生物医学成像和光谱学，生物物理学，超快激光，非线性光学和光子学。阿尔法诺在专业学术期刊上已发表700余篇论文，并拥有94项专利。他想在此感谢斯瓦潘·贾伊恩（Swapan Gayen）、阿尔文·哈尔彭（Alvin Halpern）、洛朗·古哈拉（Lauren Gohara）、克斯图蒂斯·舒特库斯（Kestutis Sutkus）以及弗朗西丝·罗德里格斯（Frances Rodriguez）为本文提供的多方面帮助。

本文译者

赵晓凡，清华大学电子工程系直博研究生，主要从事高速光信号处理方面的研究。

本文审校

娄采云，清华大学电子工程系教授，博士生导师，主要从事超高速光电子学和高速光通信系统及关键技术的研究。

白色激光的大用处

除了给我们的肉眼带来视觉震撼以外，白色激光的出现还成就了诸多应用，涵盖了从化学传感到精密时间及频率测量等多个领域。

计量学

如前所述，光纤中产生的超连续谱激光已经得到了广泛的应用。其中

最为重要、最为成熟的，当数超精确频率测量和精密时钟。在这一应用领域，超连续谱激光在一种名叫“光学频率梳”（optical frequency comb）的技术中大显身手。与以前采用的测量方法相比，这种技术能够用更简单、更小巧的测量系统达到更高的测量精度。特别值得一提的是，在2000年，霍尔和亨施各自领导的研究小组分别演示了一种被称为“自参考”（self-referencing）的技巧：当频率梳的频率范围超过一个倍频程时，科学家就能把位于光谱低频段的光进行倍频（也就是使光的频率增加一倍），然后再与位于光谱高频段的光进行干涉。这种技巧能够进一步提高频率和时间测量的精度。

在霍尔和亨施工作的基础上，科学家正在努力开发频率测量相对精度能够达到 $10^{-16} \sim 10^{-18}$ 量级的系统（现有系统目前能达到的最高精度约为 10^{-14} ）。如此高的精确性可以用于改善一系列实用技术，比如全球定位系统、宇宙空间导航、超大规模射电望远镜阵列准直等；还可以用来验证狭义相对论及相关的基本原理，比如空间各向同性、物质和反物质的对称性、自然常数的恒定性等。

频率测量和精密时钟是同一项技术的两个不同层面。研究人员目前正致力于研制精度为飞秒量级的时钟。光学频率梳技术最终可能使相对测量精度达到 10^{-18} ，将成为光计算机中的

环球科学小词典

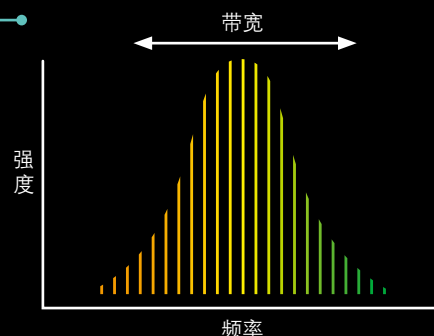
色散：在同一种介质中，不同频率的光拥有不同的折射率，这种性质被称为色散。在通常情况下，光的频率越大，折射率也就越大，因此这种色散被称为正常色散；而在特定的频率范围之内，光的频率变大，折射率反而会变小，这种现象则被称为反常色散。出现反常色散的频率范围则被称为反常色散区。任何一种介质的色散均可分为正常和反常色散两种，这是由入射光的频率决定的。正文中提到的“具有零色散和反常色散的光纤”都是针对特定频率的光而言的。

超连续谱激光的产生

脉冲激光器发出的光频率范围极为有限。当强度足够高的脉冲通过光纤等介质时，某些非线性光学过程（比如自相位调制）就会发生作用。这些过程可以产生其他频率的光，从而输出频率范围极宽的超连续谱激光。

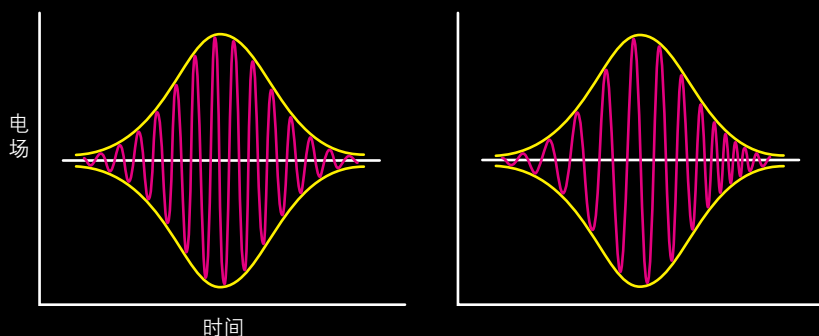
频率梳

脉冲激光器可以发出一连串周期性的光脉冲。每个光脉冲都由频率不同的光组合而成，这些频率都分布在一个很窄的范围之内。这种光脉冲的光谱是一系列等间隔排列的不连续频率（腔模），构成了所谓的频率梳。



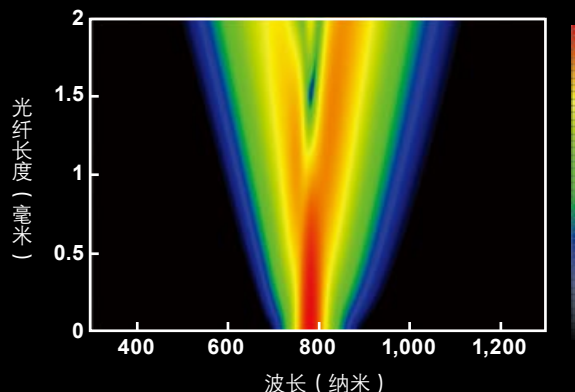
自相位调制

激光脉冲的电磁振荡（左图，紫红色）拥有恒定的波长，但在强度方面（脉冲的大致轮廓，即包络，黄色）却有着起伏变化。峰值强度较高的光脉冲能在瞬间提高介质的折射率，其增量正比于那一时刻的光脉冲强度。由于介质的折射率会随时间变化，它也会改变电磁振荡中波峰和波谷的位置（即改变波的相位），从而产生新的波长和频率（如右图所示）。



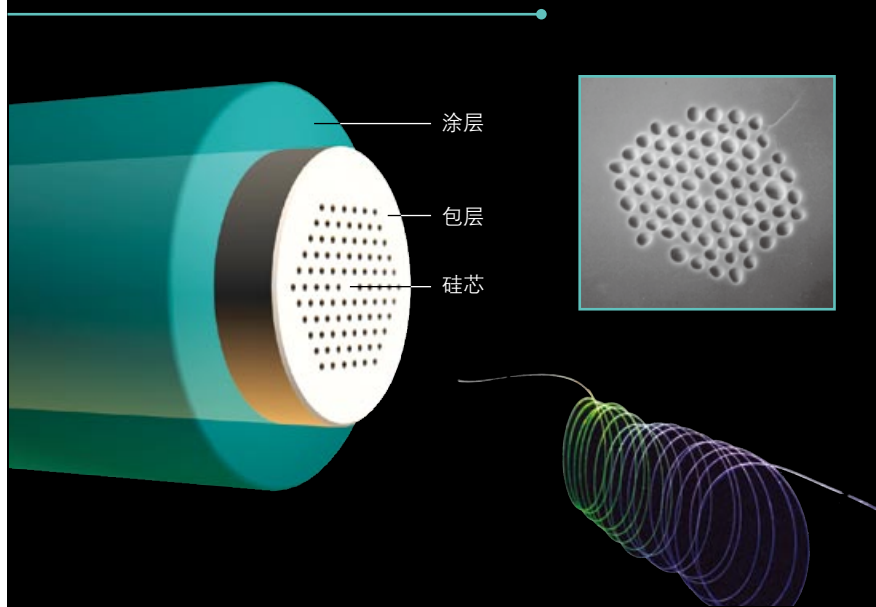
光谱展宽

计算机模拟了一个20飞秒的光脉冲沿着一根光纤传输的过程，展示了包括自相位调制在内的非线性过程使脉冲光谱展宽的过程。图中的颜色代表了各个波长上的光强（以对数坐标表示，红色最高）。在这个例子中，激光在光纤中传输了两毫米之后，光谱就展宽到了一个倍频程以上。（与音乐中的八度音阶类似，一个倍频程的光意味着，它的频率从某一频率一直延伸到该频率的两倍。）



微结构光纤

微结构光纤的横截面上排列着贯穿整根光纤的空气孔，这种光纤给超连续谱激光的产生及应用带来了一场变革。在一种光纤的设计方案中（左图和右上图），包层包裹在一根硅芯周围，空气孔使包层中的折射率降低，这样就可以把光限制在光纤的硅芯中。当激光沿着这种光纤传输时，它的颜色会发生改变（右下图），这说明微结构光纤使激光脉冲的频率范围变宽了。与光纤折射率有关的其他性质会使激光的光谱展宽变得更为明显。



计时系统的理想选择。除此之外，这项技术还可能被用于勘探石油和矿藏，因为矿脉会对附近的重力场产生极其微弱的影响。

环球科学小词典

波分复用技术：将一系列载有信息、但波长不同的光信号合成一束，沿着单根光纤传输；在接收端再用某种方法，将各个不同波长的光信号分开的通信技术。这种技术可以同时在一根光纤上传输多路信号，每一路信号都由某种特定波长的光来传送，这就是一个波长信道。

时分复用技术：将不同的信号相互交织在不同的时间段内，沿着同一个信道传输；在接收端再用某种方法，将各个时间段内的信号提取出来还原成原始信号的通信技术。这种技术可以在同一个信道上传输多路信号。

自聚集作用：在强光作用下，介质的折射率将不再是常数，而会随着入射光强的增大而变大。一般的激光光束在横截面上的光强分布并不均匀，中心轴线处最强，离轴越远则越弱。这样的激光射入介质之中，就会发生自发会聚，使光束不断向轴线收缩，最终形成一束直径仅几微米、能流密度极高的光丝。这种现象就叫做光束的自聚焦现象。

电信技术

与精密频率测量方面的应用相比，超连续谱激光在电信领域的应用能更快带来巨大的商业价值。实际上，超连续谱激光的几个关键特性使得它能够成为理想的信息载体，可使电信系统的数据传输速率比现在提高1,000倍以上。在光纤中用红外波段的激光传输数据，已成为一种最普遍的高速长程数据传输方式。科学家和工程师仍在不懈努力，试图通过光纤传送更多的数据，以满足全球对于大容量通信系统和网络不断增长的需求。人们希望传输速率可以达到每秒百万MB甚至十亿MB，而目前两座城市之间典型的光纤通信传输速率仅为每秒1万MB左右。

超连续谱激光拥有超宽的频率范围，因此不需要借助数以百计的激光

器，就可以经济有效地得到多个波长信道（wavelength channel）。超连续谱激光的带宽可以在超密集波分复用技术中大显身手，这种技术将数据流编码到不同波长的光中，通过单根光纤同时传输信号。超连续谱激光在很宽的频率范围内都具有相干性，因此它们产生的所有信道都以某种方式同步振荡，而目前由100个激光器发出的合成光束则不具备这种特性，各个狭窄频段内的光信号都各自为政地独立振荡，因此超连续谱激光的这一特性增加了对光的可控度。

此外，通过一种被称为时分复用的技术，一系列超连续谱激光的超短脉冲（持续时间短于100飞秒，即不到十万亿分之一秒）还可以在不同的时间段内，依次代表不同的信道，传输多路信号。用如此之短的光脉冲传输数据时，控制电场振荡（载波）和光脉冲轮廓（包络）之间的精确关系就尤为重要。这种被称为“载波包络相对位相”（relative phase of the carrier and the envelope）的特性可以确定某一瞬间脉冲包络的峰值是与载波的波峰重合，还是与波谷重合，抑或位于两者之间。超连续谱激光的性质使得这样的控制更易于实现。

日本的几个研究小组利用超连续谱激光的一小段光谱，实现了速率达到每秒百万MB的数据传输。要使传输速率能够达到每秒十亿MB，人们还需面对诸多挑战，比如如何将一个比特的信息持续的时间缩短到大约一个皮秒，如何增加超连续谱激光中相干波长信道的数量等。

大气科学

在电信领域中尽显身手的超连续谱激光，是在光纤中完全由人为控制的环境中产生的，而在其他一些应用中，超连续谱激光却是在露天环境中产生的，比如对空气中气体分子种类

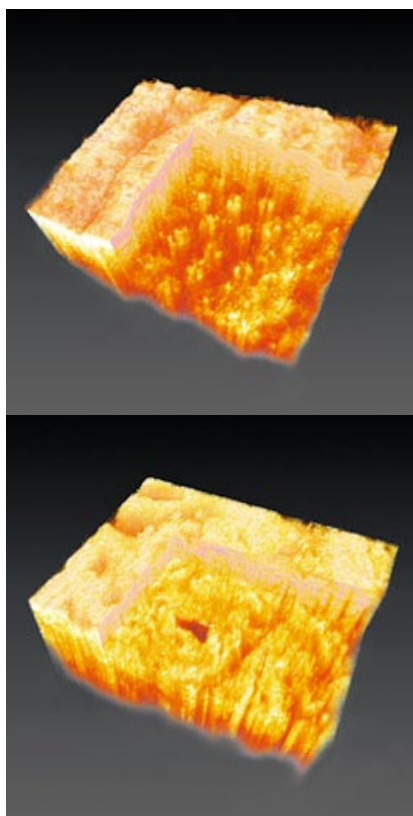
的遥测就是其中之一。当高强度的超快激光脉冲在空气中传播时，它们会电离沿途经过的空气，也就是说，将电子从空气分子中击出，形成由带正电的离子和带负电的电子构成的、又长又窄的等离子体“细丝”。这些细丝可以引导光脉冲，并使它们不至于发散。科学家们认为，衍射（即一束波通过小孔后趋于发散的性质）引起的散焦作用和电离等离子体引起的自聚焦作用之间的平衡，是这一物理过程产生的原因。

在这些细丝内，当光传输的距离超过 20 米时，光脉冲的很大一部分能量就会转化成超连续谱白光。空气中的污染物和悬浮物都会吸收特定频率的光，利用超连续谱激光的宽光谱特性，科学家就能在紫外线、可见光和红外线波段，同时检测它们的吸收光谱。

成像学

除了可以用来探测我们周围的空气以外，超连续谱激光对于人体内部的高分辨率组织成像也十分有用。由美国麻省理工学院的詹姆士·G·藤本（James G. Fujimoto）及其同事共同开创的一种叫做“光学相干断层分析”（缩写为 OCT）的技术，可以直接检查生物体内的器官，也可以分析被切除的组织样品。这种技术已经被应用到人类和动物身上，用于研究视网膜、皮肤病、肠胃疾病以及癌细胞。

为了得到一幅 OCT 图像，一束光被分成两部分——一部分用来照亮样品，另一部分（也就是“参考”光）则进入一段光纤之中。当参考光与样本反射或散射回来的光重新结合在一起时，如果这两束光走完各自不同旅程所用的时间相同的话，它们就会发生强烈的干涉。光源的一种叫做“相干长度”（coherence length）的特性决定了这种时间匹配的精确程度。相干



■ 光学相干断层分析技术（OCT）与超声成像技术类似，只不过前者利用光来成像，可以产生分辨率更高的图像。这里的 OCT 三维图像显示的分别是取自于结肠的正常组织标本（上图）和良性肿瘤标本（下图），可以看出肿瘤中出现了标志性的、紊乱的腺体结构。使用超连续谱激光可以使图像的分辨率比普通 OCT 图像提高大约 4 倍。

长度越短，两束光发生强烈干涉时，各自走完旅程所用的时间就匹配得越精确，因此得到的 OCT 图像的分辨率也就越高。

这样一来，当光点透射进样品后，只有从特定深度反射回来的光才会与参考光发生干涉。保持参考光走完全程所用的时间不变，光点横向扫遍整个样品之后，就可以得到一幅二维图

像，展现出样品某一特定深度的结构。事实上，这张图像相当于样品中一层薄薄的切片，切片的厚度被称为图像的“轴向分辨率”（axial resolution）。

早期的 OCT 成像系统采用二极管作为光源，它发出的光所提供的轴向分辨率约为 10 ~ 15 微米。（相比之下，高频超声成像的分辨率仅有 100 微米左右。）经过优化、拥有较短相干长度的飞秒脉冲激光器，可以将轴向分辨率提高将近 10 倍——将“切片”的厚度缩短到 2 微米以下。

轴向分辨率还取决于光源的频率范围——频率范围越宽，分辨率就越高。超连续谱激光可以实现相干长度最短、频率范围最宽的飞秒激光，因此成了高分辨率 OCT 成像系统的理想光源。2002 年，鲍里斯·波瓦佐伊（Boris Považay，现工作于奥地利维也纳医科大学）及其同事利用微结构光纤中产生的超连续谱激光，得到了轴向分辨率为 0.5 微米的人体癌细胞图像（典型的细胞直径约为 10 微米）。

超连续谱激光是光学物理中最生动、最美丽的效应之一：一束强激光脉冲中的单色光，从晶体、光纤或者气体中穿越之后，居然变成了一道白光。然而，除了给我们的肉眼带来视觉震撼以外，超连续谱激光的产生还成就了诸多应用，涵盖了从化学传感到精密时间及频率测量等多个领域。问世 35 年来，超连续谱激光仍活跃在科学的各个领域，继续向着新的高度迈进。SA

扩展阅读

Observation of Self-Phase Modulation and Small-Scale Filaments in Crystals and Glasses. R. R. Alfano and S. L. Shapiro in *Physical Review Letters*, Vol. 24, pages 592-594; 1970.

The Supercontinuum Laser Source: Fundamentals with Updated References. Edited by Robert R. Alfano. Publisher TK, 2006.

Encyclopedia of Laser Physics and Technology. Rüdiger Paschotta. Online at www.rp-photonics.com/encyclopedia.html

锂电池要爆炸？

撰文 马克·菲谢蒂 (Mark Fischetti)
翻译 褚波

几次大规模的笔记本电脑锂离子电池召回事件，引发了人们对问题的思考：锂电池为何会过热甚至爆炸？生产厂商每年都会售出多达数亿块的锂电池，为什么发生自燃的只是其中的极少数？

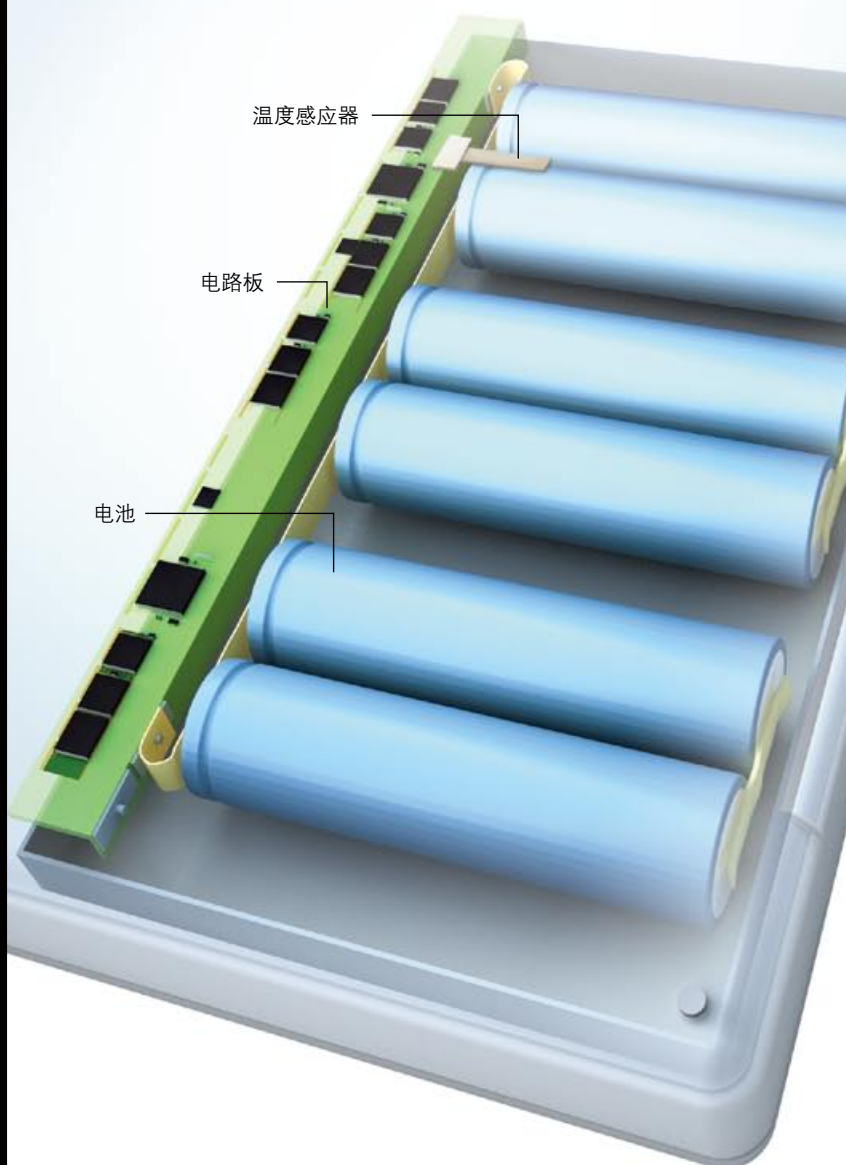
虽然在制造锂离子电池时，采用了多种化学材料，但电极材料却很单一，所有的可充电电池，包括相机和手机上的电池，都是以氧化钴锂 (lithium cobalt oxide) 为负极，石墨为正极。尽管按照美国麻省理工学院材料科学教授赫布兰德·塞德 (Gerbrand Ceder) 的说法，这种电池构造“生来就有点不安全”，但是小心翼翼的生产过程以及内置的安全装置，还是最大限度地防止了事故的发生。塞德解释说，由于电子制造商需要更长的续航时间，“电池生产厂商一直在提高电池的荷电状态 (the state of charge，相当于电池容量)，现在留给安全措施的空间就更少了”。随着越来越多的离子被“塞进”电池，从1991年锂电池商业化之初到现在，生产商已经将电池的能量容量提高了4倍。

今天，锂离子电池已经从稀有商品变成了日常用品。位于美国马萨诸塞州韦斯特布朗 (Westborough) 的波士顿能量公司 (Boston-Power) 从2005年开始生产新型锂离子电池。该公司创始人之一克里斯蒂那·兰普-翁纳鲁德 (Christina Lampe-Onnerud) 说：“高能量容量、低生产成本是锂离子电池的发展趋势，为此，电池生产商们不惜铤而走险。”她又补充说：“5年前的安全机制，对于当时那些电池的能量水平而言，已经足以防止事故发生，但是电池容量的提升将会超出那些安全机制的控制范围。”

新型安全装置与电池结构雏形初现，它们可以产生更多的电流，释放的热量却更少。塞德说，虽然电子复合动力车工业尚处于萌芽阶段，但这个领域的创新性工作制造出了更安全的负极材料，而这些材料将广泛应用于消费电子领域。新的金属氧化物会出现在电池的负极，碳基正极也会向硅基正极过渡。然而，兰普-翁纳鲁德指出，在这些新型正负极材料通过试验检验之前，更具创造性的系统设计将成为保障安

全的关键。她说：“在工业上，面对纷繁复杂的应用领域，电极单一的化学成分已经越来越难以适应。现在，是时候为不同的用途量身定做不同的电池系统了。” 

通常情况下，笔记本电脑的电池是由数对锂离子电池串联而成。电路控制电流与充电，温度感应器则测量电池温度，并在温度过高时发出警报。



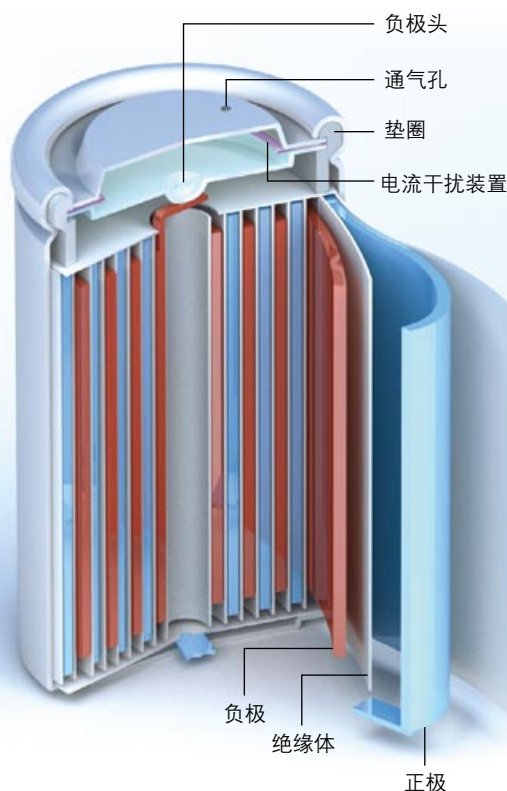
◆**锂电池爆炸事件**：2006年6月，一台戴尔笔记本电脑在日本突然起火，并发生多次爆炸；两个月后，又一台戴尔笔记本电脑在匈牙利一家宾馆内着火，美国堪萨斯州一户人家的索尼笔记本电脑也突然着火。这几起笔记本电脑起火事件有一个共同点：电池的生产厂家都是日本索尼公司。2006年8月14日，戴尔公司宣布，要召回410万台笔记本电脑的锂电池，因为他们认为电池存在安全隐患。此后，索尼电池发生事故的报道时见报端，引发了多米诺骨牌效应，苹果、东芝、富士通、日立、联想、夏普等厂商相继加入“召回”行列。截至2006年10月，索尼在全球范围内召回的笔记本电脑电池总数接近1,000万块。

◆**保护你自己**：即使只碰到微量水分，也许就是空气中的水蒸气，锂离子也会猛烈燃烧，所以千万不要擅自拆开锂离子电池。电池着火时，不能用水去灭火，这会助长火势，而应该采用化学灭火器。如果电池极度过热（在全充电的情况下很有可能），电池外壳就会变烫，甚至着火。因此，不要将电池放在温度较高的物体表面或者太阳

下，尤其不能放在汽车里。还应该注意的，不能更换电池的电极。

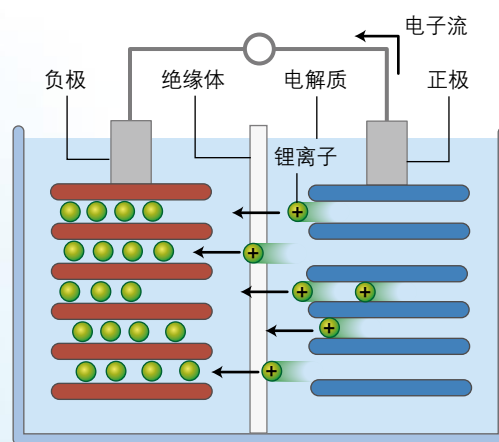
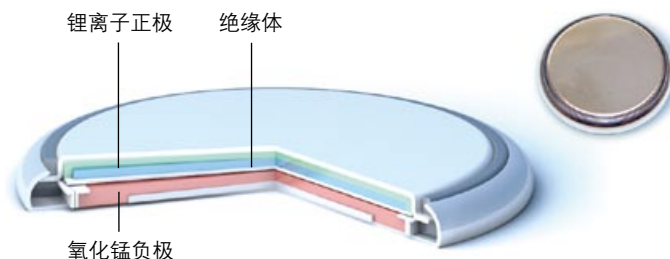
◆**特斯拉的坐骑**：两年前，硅谷企业家马丁·埃伯哈德（Martin Eberhard）创立了特斯拉汽车公司。去年夏天，特斯拉汽车公司制造出了一款新车——特斯拉双人座敞篷汽车（roadster）。这是一款大马力原型车，是首款全电子式交通工具，在这款汽车身上，共使用了6,831块锂离子电池。汽车从起步加速至时速60英里（约97千米），可以在4秒内完成，而且每充一次电它能行驶250英里（约合400千米）的路程。特斯拉公司宣称，汽车内的监控器随时都在监控每块电池的运行情况，只要有一块电池着火，监控器就会在瞬间关闭整个电池板。其他汽车生产商正在用锂镍锰氧化物进行试验。

◆**电池的寿命**：电池寿命都是有限的，锂离子电池的寿命更短，特别是当电池处于全充电状态下或温暖的环境中时。研究表明，在25℃下，一块充满电的普通笔记本电脑电池每年将会不可逆转地丧失20%的电容量。半充电状态的锂离子电池放入冰箱中保存则可以延长电池的寿命。

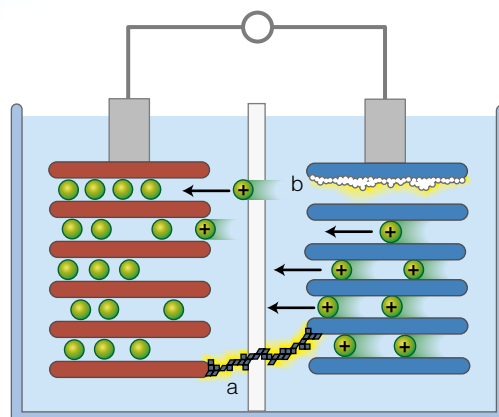


在锂离子电池的“肚子”里，是紧紧卷在一起的正极和负极层，层与层之间由绝缘体隔开，正极和负极都浸泡在电解质中。有了这样的构造，锂离子电池就可以储存大量的能量。为了避免温度过高，化学反应产生的气体由通气孔散出。如果产生的气体过多过快，电池的垫圈就会被冲开，电池也就失效。如果电池的外部发生短路，快速的放电就会触发电流切断装置，断开电池。

在锂离子纽扣电池中，锂离子穿过电极绝缘体就形成了电流。不过，纽扣电池的电流无法逆流，因而不能充电。



电池的电能来自化学反应。正极上的金属锂会在电解质（一种锂盐）中电离，产生的锂离子就会穿过防水的塑料绝缘层，到达负极。这一反应会释放电子。电子的流动就会以外部电流的形式表现出来。如果在电池负极施加一个外部电压，“逼”着离子返回正极，就可以给电池充电。



如果在生产过程中存在缺陷，金属颗粒穿过电池中的绝缘层将正负两极连接起来，改变了电流的方向，就会产生过多的热量，导致电池过热（这可能是最近电池召回事件的主要原因）。这些热量会降解大量的材料，使化学反应失去控制，释放更多的热量，以至于引燃电池组件。如果不良化学反应产生的金属锂大量累积，那么也可能会发生短路。



为了上帝打保龄

撰文 迈克尔·舍默(Michael Shermer)

翻译 徐蔚

宗教是社会健康的必要成分吗？研究者们各执一词。一方面，独立学者格里高利·S·保罗(Gregory S. Paul) 2005年在《宗教与社会》杂志上发表了一篇文章，名为《民主繁荣时期量化的社会健康、大众的宗教虔诚以及世俗主义相互关系的跨国研究》(这里的“世俗主义”，是指只关注现实社会，不重视宗教信仰或者没有宗教信仰)。

他在文中指出，18个发达国家中，宗教信仰度(以是否信仰上帝，是否奉行圣经直译主义、参加祈祷以及服务活动的频率为衡量标准)和社会健康

(以杀人案件发生率、儿童死亡率、平均寿命、性病感染率、未成年少女早孕率、堕胎率为衡量标准)呈现负相关。“一般而言，在发达国家中，对造物主的信仰度越高，杀人案件发生率、青少年死亡率、性病感染率、青少年早孕、堕胎率也越高。”的确，美国不仅在宗教信仰度方面首屈一指，在杀人案件发生率、性病感染率、堕胎率和青少年早孕率上也遥遥领先。

另一方面，美国雪城大学的教授阿瑟·C·布鲁克斯(Arthur C. Brooks)在《谁真的在乎》(Who Really Cares)一书中提出，一旦涉及慈善捐献和义务工作，“热心的自由派”、“冷酷的保守派”之类的荒诞说法面对林林总总的量化标准，很快就不攻自破。保守派的捐款比自由派多30%(甚至在控制收益的时候也是如此)，他们投入了更多心力，义务服务的时间也比自由派长。总的来说，有宗教信仰的人在慈善活动中的捐赠比

没有宗教信仰的人多3倍，即便在非宗教性的慈善事业上，信教者的捐赠也比他人多14%，而且教徒中乐于帮助流浪者的比例比非教徒多出57个百分点。在社会健康方面，认为自己“非常快乐”的慈善捐赠人比非捐赠人多43%；自认健康状况良好或非常好的捐赠人比非捐赠人多25%。

那么，左翼和右翼可否由宗教划

宗教信仰是一些人心灵的寄托，而且它还有一些附加作用：比如提供机会和场所，让你扩大社交圈子，找到一起逛街、一起打保龄的朋友。不过，别奢望宗教能让社会风气有多大改善，实际上，“慈悲”的宗教对此无能为力。

分呢？美国哈佛大学教授皮帕·诺瑞斯(Pippa Norris)和密歇根大学安阿伯分校的罗纳德·英格尔哈特(Ronald Inglehart)在他们合著的《神圣与世俗》(Sacred and Secular)一书中，比较分析了32个国家过去10年内的37次总统和议会选举的选举制度。研究数据表明，70%的虔诚教徒(1周至少参加1次宗教活动)会投票给右翼党派，只有45%的非宗教人士(从不参加宗教活动)会支持右翼党派。这种影响在美国尤为突出。以2000年美国总统选举为例，“在预测哪些人会投票给布什，而哪些人会支持戈尔的问题上，宗教信仰超越了社会阶层、职业划分以及地区差异，成为迄今最有力的依据。”

“社会资本”的理论也许有助于解释上述差异。罗伯特·普特南(Robert Putnam)在《一个人打保龄》(Bowling Alone)中，将社会资本定义为“个人之间的联系——社交网络以及从中衍

生的互信互惠原则。”例如，通过研究世界价值观调查(the World Values Survey, 这个项目主要调查各国人民对目前生活的满意度)的数据资料，诺瑞斯和英格尔哈特发现，“参与宗教”的人数和“非宗教社团”(包括妇女、青年、和平、社会福利、人权以及环保团体，甚至保龄社团等等)成员人数之间存在一种正比关系。“在很多(但不是全部)

信仰中，宗教机构为居民提供聚会场所，让邻里相交往来，并培养利他主义，由此巩固了社会生活所需的各种关系。”

宗教的社会资本虽然能让人们为慈善活动慷慨解囊，也能为人们创造成为群体成员的机会，但在处理杀人、性病、堕胎、青少年早孕等弊病方面，无法与世俗社会资本相提并论。原因有三：第一，这些弊病皆另有起因；第二，世俗社会资本在处理这类问题上更具优势；第三，这些弊病涉及个人自身道德和行为之间的联系，我把这种联系称为道德资本，它主要是在家庭中形成。家庭，作为在人类进化史上比宗教和政府更早出现的基本社会单元，无论是否信教，都能巩固强化道德对攻击行为和性行为的制约作用。

环球科学小词典

圣经直译主义(biblical literalism): 完全依照字面意思来理解圣经，在各种解经方式中，是比较极端的一派。信仰圣经直译主义的人通常无法接受进化论，他们主张圣经无谬误，相信其中的字句全都是真实事件的记录，包括上帝七天创世都深信不疑。



下半身思考

撰文 史蒂夫·米尔斯基 (Steve Mirsky)
翻译 姬十三

近 来我听到一桩最为愚蠢的事，它竟然发生在英国，这令我相当震惊——我原以为这事应该出现在美国。无论如何，事情已经发生：一位政府部长称，英国有些年轻孕妇在怀孕期间故意吸烟以降低胎儿的体重，让分娩更为顺利。

听起来比吸烟本身更凶险，不是吗？去给脑袋扎个绷带吧，如果你刚才曾吃惊到昏倒过去，撞破了头的话。我重申一下，这是我听过的最最愚蠢的事情，很能说明一些现实的社会问题。

据一份护士杂志报道，英国公共卫生部长卡罗琳·弗林特透露，“怀孕期间应当吸烟”这一观念，是年轻女性和健康专家们告诉她的。讽刺的是，她还曾在英国工党会议上讨论过这种方法。

对于那些沉迷于这种焦油-尼古丁式的分娩方法，并且还觉得这恰恰是遵照医嘱的那些女性，我给个建议，去换一个医生吧。体重太轻会在很多方面对婴儿造成不利的影响，对减轻分娩痛苦也所助甚微。此外，还有很多种有效减轻痛苦的方法可供选择，包括药物。作为一个男人，我永远都不会有福气感受将一个小生命从一个孔洞里生出来时那种撕心裂肺的痛苦，但如果我真的面临这样的情况，并且有药物能帮助减轻痛苦的话，我绝对会引用莫丽·布卢姆的话：“是的，我如是说我就会如是做。”（很巧，这恰好也是莫丽最后不再怀疑无痛分娩的原因，不过这又是另外一个没有任何标点符号的漫长故事了。）

还有一些消息来自腰部以下。最近，我在广播中听到，一位纽约整形外科



关于身体
某些部位的
最新消息

医生正在寻找关于屁股手术的工作——一定也引起你的关注了吧——我在网上搜索了一下这种可以获得更性感臀部的新方法。请放心，这完全是出于职业好奇心。

这种手术对于《拯救西弗曼》的影迷来说，一定非常熟悉：臀部灌输手术，目前正在美国流行开来。根据美国美容整形外科学会的统计，2004年和2005年，全美总共进行了4,500例这样的手术，另外还有10,000例简单的翘臀手术。这种手术费用一般为4,000到5,000美元，价格虽然贵了点，但它们的效果却是一百分。因为如果人们发现你做过这样的手术，他们一定会指指点点，“快看他的翘臀”。（不要指责我这种鄙夷的态度，你看，就是因为我没有做过这样的手术，我至少还能安安稳稳地坐在这里洋洋得意。）

最后的故事来自加拿大的麦吉尔大

学。那儿的研究者们首次动用热辐射红外成像技术，打算测量性唤起速度。研究者让受试者观看色情电影，并记录他们生殖器区域的热辐射。与传统观点相反，这项研究表明，男性和女性达到性唤起所用的时间是相同的。但真正引起我注意的是实验对照组观看的录像：一段由《憨豆先生》和加拿大旅游风光片剪辑而成的片子。如果这些东西可以让你兴奋，而你又不是打算嫁给罗温·艾金森的加拿大皇家骑警的话，建议你立刻去找医生咨询。还有，要小心你的翘臀。👉

环球科学小词典

罗温·艾金森，英国著名演员，是喜剧“憨豆先生”系列的主演。

莫丽·布卢姆，是爱尔兰意识流文学作家詹姆斯·乔伊斯的长篇小说《尤利西斯》中的角色。小说的最后是莫丽·布卢姆的一段著名的没有标点符号的长篇内心独白。

《拯救西弗曼》是美国一部浪漫喜剧片。剧中提到过臀部灌输手术。

为什么麦克风靠近扬声器就会“尖叫”

解答专家：罗伯特·L·克拉克（Robert L. Clark）
美国杜克大学工程学院教授

相信你也有过这样的经历：手拿麦克风的人走近扬声器，就会响起刺耳的尖啸声，搅得满屋子的人都捂住耳朵。很多因素都能造成这种令人不快的声音，专业点说，这就是声反馈（acoustic feedback）。当输入端（麦克风）和输出端（扬声器）之间的“回路”闭合时，就会产生声反馈现象。扬声器发出的声音传到麦克风里，经过放大后，再通过扬声器发

出来。如此循环往复，扬声器发出的声音就会越来越响，直至达到饱和状态。

输出/输入放大比例称为增益（gain），过量的增益出现在特定频率下，产生的原因则是多方面的——麦克风与扬声器之间的距离、麦克风与扬声器的方向设计、声环境（acoustic environment）中反射面的影响（通常是指房间设计的声学结构不合理），

以及其他麦克风与扩音器的存在等等。为了降低增益，可以利用均衡器（equalizer）来调节信号的放大状况。

如果将麦克风与普通木吉他搭配使用，当扬声器发出的声音传到吉他，扬声器就连通了输入端与输出端之间的回路。在这种情况下，吉他以特定频率（通常在 100 ~ 200 赫兹之间）开始过度振动，或者房间本身也会开始共振，发出明显可以听到的声音。在电吉他的上，也会发生相似的机制：声反馈产生结构振动，从而放大了吉他内置拾音器（pick-up，电吉他用来收音的设备）发出的信号，造成声反馈的不稳定。SY

（译 / 冉隆华）

为什么全球变暖是二氧化碳的错

解答专家：皮特·坦斯（Pieter Tans）
美国国家海洋和大气管理局地球系统研究实验室高级研究员

虽然对大气而言，二氧化碳只是一个小小的组成部分，但它也是少有的可以捕获地球热辐射的气体之一。地球表面吸收了太阳发出的可见光辐射，慢慢升温。同时，地球表面也在发射红外线，把热量放回太空，为地球降温。（我们看不见红外线，但是当我们站在热炉子旁边的时候，能感觉到皮肤正在吸收它。）表面吸收的阳光越多，放回太空的红外线就越多，直到散失到太空的热量与地球从太阳那里吸收到的热量达

到平衡。

占据空气成分 99% 的气体（氮气、氧气和氩气）既不吸收可见光，也不吸收红外线，因此，这两种辐射都可以畅通无阻地穿越这些气体。水蒸气和二氧化碳所占比例仅次于上述气体，能吸收一部分地球放出的红外线热辐射，由此困住这些热量，让它们无法返回空间，这就是温室效应。如果没有温室效应，我们地球的表面将像火星的一样寒冷。

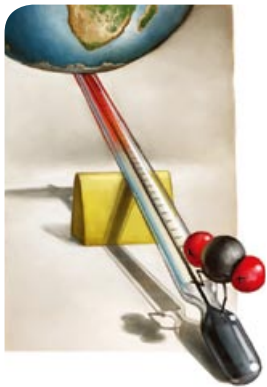
虽然二氧化碳和水蒸气在大气中所占的份

额很小，但在气体混合的过程中，通过分子间的碰撞，这些分子会与氮分子、氧分子，还有氩分子分享它们吸收的热量。当水蒸气、二氧化碳和其他温室气体增加时，大气这层保温毯就变得越来越热。

我们能明确估算出额外的二氧化碳、甲烷、一氧化二氮和其他少量气体的加热效应，因为这些气体的性质已经在实验室里经过了仔细测量。温室气体自工业时代就开始逐渐聚集，并逐渐增多，它们所截留的总热量，相当于地球表面太阳辐射吸收总量的 1%。这种影响就相当于 20 世纪的太阳变亮了 1%。

听起来似乎微不足道，但地球的热平衡稍有变化，就可能导致气候巨变。过去数百万年来，地球经历了好几次冰期。对比冰期和冰期之间的温暖时期，全球平均温度在热带只有 5℃ 左右的变化，在两极地区的差异也不过 8℃。SY

（译 / 李柯）



现代环境 · 飞行用途 · 非洲见闻

1957 年 1 月

厌倦——“在这个半自动化的时代，不仅是军事人员，就连工厂工人的工作也变得单调而乏味：只是长时间地盯着仪表盘。在这样的 work 环境中，人类的行为问题变得越发尖锐。1951 年，加拿大麦吉尔大学的心理学家唐纳德·O·海布（Donald O. Hebb）获得了加拿大国防研究部的资助，开始系统地研究这一问题。研究结果显示，长期在单调的环境中工作，会产生恶劣的后果：思维能力受损、情绪反应幼稚、视觉认知受扰，甚至产生幻觉，脑电波的模式亦会发生改变。”

焦虑——“在过去的一年半里，镇静类处方药氨甲丙二酯（meprobamate，常被称作眠尔通或安宁）的年销售额飙升到 3,250 万美元，也就是说共售出了不下 10 亿片眠尔通，每月 50 吨的生产量已经供不应求。美国加利福尼亚州的一些药商每次进完货，都会在窗户上打出醒目的标语：‘眠尔通今日有货！’”

1907 年 1 月

汽车时尚——“今年，汽车的外形大有改观，这主要得益于汽车轴距大大加长。现在，某些重型车辆的轴距甚至达到了 123 英寸（约 3.12 米）。而且，6 缸马达的运用进一步增加了发动机罩的长度，使新型汽车的外观既潇洒又靓丽。通过

巧妙运用审美法则，即便是低马力和低价格的车型也有了别致的外观，这可是早期车型所不具备的。”

为体育和战争而飞——“随着机械飞行器的试制成功，现在我们可以适当地把兴趣从载人气球转移到飞机上了。目前，飞机的用途主要体现在军事上，在侦察勘测和派遣部队的快速运输方面，它具有不可估量的价值。不过从长远来看，飞机的主要发展方向很可能是在运动领域，在那里，它将像汽车一样广泛普及。”

茶叶货币——“在东方，茶砖（压成块状的茶叶）具有一项最具有特色的应用，那就是货币功能。在中国内陆的边远城镇、中亚的市场和集市上，茶砖还在作为货币流

通。在蒙古城镇库伦（Urga，即今天的乌兰巴托）和西伯利亚城镇卡克塔（Kiakta）之间，还流通着大约五十万两这样的货币（价值 60 万美元）。到达西伯利亚以后，茶叶便退出货币流通领域，进入西伯利亚和俄罗斯的正常茶砖贸易，为俄国军队广泛使用，尤其受到测量工程师、流动剧团和旅游者的青睐。”

1857 年 1 月

坚固的索桥——“上个月 13 日的晚上狂风肆虐，对尼亚加拉瀑布上面的索桥来说，是一场严峻的强度考验。当时，桥两端的收费人员都已离开了工作岗位，人们聚集在一起，等待着索桥被狂风撕裂，但是，索桥始终坚如磐石。”

利文斯通博士的故事——“著名旅行家利文斯通博士已经返回英格兰，开始演讲。他的旅程、他的经历，堪称前所未有的。利文斯通博士选择只身走进对白人完全陌生的土著人的生活。对土著人习性和贝专纳人语言的熟悉，令利文斯通博士逐步化解了当地人对他的敌意。跋山涉水、风餐露宿，浑身湿透成了他的家常便饭。在非洲，狮子被许多部落视作已逝酋长的灵魂的居所，对于狮子的崇拜造成它们数量繁多。然而，利文斯通博士认为，在英国，对非洲野兽的敬畏更甚于在非洲”。

（译 / 徐蔚）



1907 年 1 月的最新款汽车



时间过得真快,新的一年又开始了,小编在这里祝大家新年快乐!

2006年,全球科技飞速发展,各研究领域硕果累累。《环球科学》不仅向世人展现了当今科技发展的最新潮流与趋势,还充分体现出新方向和独创性。为了见证这一年的科学发明,我们特别推出《环球科学2006合订本》,请喜爱它的读者注意购买!

为了更好地服务读者,《环球科学》不仅各地书店及报刊亭有售,我们还提供邮购和网站购买的服务。邮购请直接汇款到环球科学杂志社,网上支付请登录 www.itbook.com.cn 或 www.gotoread.com 网站。

■ 看了《环球科学》第12期的封面文章,的确感触不小。我原来一直都以自闭症之类的病症就是心理疾病,父母、朋友多关心一下就没问题了。没想到,这居然是神经性疾病,源于镜像神经元受损!那是不是人类身上所有的心理问题最终都能找到生理原因呢?

还有《病毒凶猛 全球手机噩梦将至》这篇文章也教会了我不少东西。今天,手机病毒刚刚开始出现,的确应该引起大家的重视,因为手机用户的数量比电脑用户的数量还要大。从这篇文章里面,我还学到了预防手机病毒的知识,比如不要在公共场所打开蓝牙装置,不要随意接收手机软件等,这些都非常有用。

总的说来,《环球科学》上的文章不仅前沿,而且非常有实用价值,能在了解世界科技动态的同时,学到很多与日常生活密切相关的东西。其实很多报

刊杂志上也有很多与生活相关的东西,但是我都不敢相信,总觉得没什么科学依据。但我非常信任《环球科学》,因为上面的文章都来自著名科学家之手,而且还提供了很多实验数据。现在,我还把这本杂志推荐给我身边的朋友看,因为看《环球科学》不仅能扩展知识面、了解到最新科学进展,最重要的是能够学到科学大师的巧妙思维,这对我们以后的发展大有裨益!

——复旦大学 罗骏

回复:看到你的来信,编辑们都很高兴。很多时候,编辑们也会被文章中的全新观点所震惊。《环球科学》的编辑和读者都很幸运,因为每个月都能和科学大师们直接“对话”,感受他们的睿智,在享受科学乐趣的同时,学会发现问题、解决问题的方法。如果每位读者看完《环球科学》都有所收获,那就是对我们最大的肯定!

■ 我是一名学习物理海洋专业的在校学员。在中国,这个专业不是很热门,也不是特别的知名,但21世纪的发展空间就在海洋,中国的未来也必然走向大海,而我也一直对海抱有一份特别的感情。所以,我希望《环球科学》能尽量多地刊载有关大海的科技知识,在我们的民族里普及海洋知识,强化海权意

识。最后,祝愿贵刊越办越好,文章更优美,更具深度。

——大连舰艇学院 吴涛

回复:很好的建议。地球的表面有3/4都是海洋,里面有很多资源尚待开发,但如你所说,目前还有很多人都没有意识到,而且一些海洋区域遭到了污染。《科学美国人》的内容几乎涉及每一个科学领域,任何领域出现了重大突破,我们都会即时深入地报道。相信每一位《环球科学》的读者都能经常看到自己感兴趣的文章。

■ 我偶然在报摊上看到《环球科学》,奇怪为什么以前每个月都没看到过,不禁遗憾有多少人要错过这么好的科学读物。作为新刊,我觉得发行推广工作有待加强。

另外,我想集齐以前的杂志?可以通过怎样的渠道?

——东莞 梁蕾

回复:首先感谢你的关注和建议!我们会尽最大的努力,让越来越多的读者买到我们的杂志。最近,也有很多读者打电话询问关于购买过刊的方式,小编在这里告诉大家:购买过刊可以直接汇款到我们杂志社,或者登录书友会网站 www.itbook.com.cn 购买。

请继续订阅2007年《环球科学》

欢迎大家到各地邮局订阅2007年《环球科学》。对直接从杂志社和Itbook网站上订购一年以上(含一年)杂志的订户,我们推出如下优惠活动:

选用挂号方式(推荐):全年优惠价150元(原价180元)

选用平邮方式:全年优惠价120元(原价144元)

1.到各地邮局订阅:

邮局订阅代号:80-498,全年订阅价144元,半年订阅价72元,季度订阅价36元。

友情提示:《环球科学》可以破季订阅。

2.向《环球科学》杂志社订阅:

邮局汇款(汇款时请注明您的姓名、通信地址、邮编、电话和订阅起止时间)

汇款地址:重庆市渝中区双钢路3号科协大厦1204

收款单位:环球科学杂志社

邮编:400013

友情提示:请妥善保管订阅收据,以便日后查询。

3.网上订阅: www.itbook.com.cn www.gotoread.com

友情提示:网上订阅均采用在线支付方式,支持多种银行卡网上支付。

对直接从杂志社订购《环球科学2006合订本》的读者,我们特别推出优惠价:68元/本,上、下册135元/套(共节省15元)。

有错必改

《环球科学》2006年第12期勘误与致歉:

◎第42页,右栏第七行,“两河游戏域”应为“两河流域”。

销量突破2000万册 畅销度仅次于《新华字典》

电脑报 2006 合订本

连续11年全国最畅销科技图书之一

2000万读者的选择



超值赠送总价值**1500**元正版软件

价值**60**元 瑞星2007（杀毒+防火墙）组合版
价值**278**元 爱数个人数据保护套装
价值**380**元 雨过天晴电脑保护系统
价值**38**元 用友财智记账本2.0
价值**150**元 超酷手机软件、网游资源
价值**600**余元 25款装机必备工具软件（1年免费升级）
金山词霸**2007**（读者专用版）

惊喜**7**重巨献

权威：IT第一媒体《电脑报》精心编制的大型实用工具书
实用：随书附赠相当于7张CD-ROM光盘的超容量DVD
超值：联合知名软件厂商随光盘提供总价值**1500**元正版软件
特别策划：携手中国移动提供手机软件，精心打造移动新生活
特别回馈：著名一线IT厂商2007超值资源大献礼
特别派送：**300**万份热门游戏道具免费拿
跑跑卡丁车，久游网劲爆足球，刀剑online
特别服务：IT精灵网（合订本互动专区）——资源服务无极限

45元/套

全套上下册+1DVD光盘
+价值**1500**元正版软件

战略合作

中国移动

Microsoft

Baidu

瑞星

KINGSOFT

江民科技

世纪天成

搜狐

ES

爱数

inspur

联想

久游网

连续购买《电脑报合订本》您将拥有一套实用的大型电脑文库

全国各地新华书店、书报刊零售点正在热销

欢迎访问IT精灵网：<http://www.itdaily.com.cn> 精彩活动等着你！

2006年第11期,《环球科学》推出“译文擂台”,许多热心读者都积极参与。经过专家评审,我们从中选出5名优秀译者,他们分别是:马冰、王猛(广东)、张扬、贾明月(北京)和唐一骏(江苏)。值得一提的是,唐一骏是众多译者中年龄最小的,现在仍是一名高二学生,不过他的译稿翻译到位,文笔流畅,赢得了专家的一致好评。

2006年第11期的“译文擂台”登出的短文介绍了用DNA帮助人们确定祖先部族时遇到的一些困难,因此需要了解一定的背景知识,才能翻译准确。比如第三段的头一句话,“Nevertheless, Bert Ely of the University of South Carolina wanted to see if he could use mitochondrial DNA sequences to trace the African roots of black Americans, as some companies have begun offering”,许多读者都将这里的offer理解成一些公司为这项研究提供资金。如果参考《环球科学》2006年第7期《基因寻根——我的祖先来自何方?》一文,就可以知道这种基因寻根已经为多家公司采用,而Bert Ely想通过研究了解的,是这种方法是否确实有效。对于这一句,贾明月读者的译文就相当准确:“尽管如此,南卡罗来纳大学的伯特·伊利依然试图了解,是否可以通过线粒体DNA序列追踪美国黑人的非洲祖先,因为有些公司已经开始提供这项服务了。”

除了译文的准确性以外,文笔的简洁和优美也是专家评审的重要标准。以第二段第一句“An individual's genes are a link to the past that stretches across any break in family name or birthplace through the generations”为例,大部分译稿都准确表达了英文原意,但文字却过于平实,缺乏亮点。张扬读者的译法“一个人的基因可以跨越家族的分离和出生地的变迁传给后代”相当简洁,而贾明月的译法“一个个体的基因是其与过去联系的纽带,可以跨越任何姓氏上或出生地上的变化而世代相传”则以优美见长,因此赢得了专家的青睐。

受篇幅所限,这里无法刊载全部译文,优秀译文将公布在网站论坛的翻译新闻区。

本期“译文擂台”,我们同样挑选了一篇英文科技短讯,电子文档请到网站论坛的翻译新闻区下载。**参加译文擂台的读者,请在2007年2月10日之前,将译文通过电子邮件发送到advice@sciam.cn,并在邮件主题中注明“2007年第1期译文擂台”。**我们会请专家选出5位优秀译者,名单将公布在《环球科学》2007年第3期上,每位优秀译者将获赠《环球科学》杂志一本。

Subliminal Messages Drive the Mind to Distraction

A new study shows that subconscious signals interfere with concentration, causing people to become easily distracted and falter on even the simplest of tasks.

When people concentrate, they focus on the task at hand and filter out information irrelevant to what they are doing. A new report, however, published in this week's Science, says that sometimes unrelated info slips through, even if it is not consciously processed. "Our results contradict the general view," says lead author Yoshiaki Tsushima, a graduate student in psychology at Boston University.

Tsushima and his colleagues performed a series of experiments that show how bits of irrelevant information sneak past people's attention-focusing mechanism. Study participants were told to report the pair of numbers in a string of six letters and two numerals that they saw on a computer screen, and to ignore the dots bouncing around

them. Some of the dots moved about randomly and others traveled in fixed directions.

Sounds simple. However, ignoring the dancing dots turned out to be easier said than done. The participants did well on their task when less or more than 5 percent of the dots moved in specific patterns, but their success rate dropped off at around 5 percent. This is because, researchers say, at 5 percent the pattern was apparently below the threshold of conscious awareness, but the subjects still picked it up subconsciously. "Invisible signals distract," Tsushima explains. The subjects did not pick up on any pattern in movement below 5 percent. In one fixed-direction pattern above 5 percent, they noticed the dots but were able to ignore them.

In one of the experiments, the researchers measured participants' brain activity during the computer test. They primarily focused on the visual cortex and the lateral prefrontal cortex,

because those are the areas of the brain that filter irrelevant stimuli. Their goal: to determine how subliminal signals, which can be distracting, are processed. When 5 percent of the dots moved coherently, the visual cortex was activated, though the signal was computed only subconsciously: the lateral prefrontal cortex was not activated. The reason, researchers say, is that the signal was able to sneak by that attention-focusing part of the brain, thus allowing subjects to be distracted; the subliminal signal was too weak for the lateral prefrontal cortex to pick up and block.

When people are distracted, they have fewer resources to allocate to what they are doing and, as a result, their performance suffers, the scientists say. They speculate that stronger messages prompt the lateral prefrontal cortex to jump into action, batting back the potentially distracting signals.

—Ciara Curtin

家家 都有 机器人

撰文 比尔·盖茨

30年前，他预见到个人计算机的兴起，成为计算机普及革命的领军人物；今天，比尔·盖茨再次预言：机器人普及风暴即将到来！不久之后，家家都会拥有机器人。

- 行星定义一波三折 什么样的天体才算行星
- 癌症也一直在进化 如何截住它的去路
- 关闭RNA开关 杀死致命细菌
- 化石燃料频频告急 纤维素乙醇展现新前景



专有名词

天文、地质、物理、人类学

alluvial fan 冲积扇

atomic force microscope 原子力显微镜

axial resolution 轴向分辨率

A. aethiopicus 南方古猿埃塞俄比亚种*A. africanus* 南方古猿非洲种*A. anamensis* 南方古猿湖畔种*A. boisei* 南方古猿鲍氏种*A. garhi* 南方古猿惊奇种*A. robustus* 南方古猿粗壮种*Ar. Ramidus* 地古猿根源种*Australopithecus afarensis* 南方古猿阿法种

Avogadro constant 阿伏加德罗常数

coherence length 相干长度

coherent 相干

concretion 结核

electron-multiplying charge-coupled device

电子倍增 CCD

electrophoresis 电泳技术

elementary charge 基本电荷

energy-density 能量密度

evanescent light wave 消逝光波

four-wave mixing 四波混频

goethite 针铁矿

Hominin 人族*Homo* 人属*Homo erectus* 直立人

jarosite 黄钾铁矾

josephson effect 约瑟夫森效应

josephson junction 约瑟夫森结

Kenyanthropus 肯尼亚人*Kenyanthropus platyops* 肯尼亚人属扁脸种

laser interferometer 激光干涉仪

light path 光程

metamaterial 超材料

microstructure fiber 微结构光纤

mosaic evolution 镶嵌进化

Mariner 水手号

Mars Express orbiter 火星快车轨道探测器

Mars Global Surveyor 火星环球勘测者

Mars Odyssey 火星奥德赛

Mars Pathfinder 火星探路者

Memory Spot 存储点

Merdiani Planum 本初子午线平原

Meter Convention 米公约

octave 倍频程

olivine 橄榄石

optical coherence tomography

光学相干断层分析

optical frequency comb 光学频率梳

optical Kerr effect 光克尔效应

Opportunity 机遇号

phyllosilicate 页硅酸盐

pyroxene 辉石

Planck's constant 普朗克常数

plasmonics 等离子振子学

quantum hall effect 量子霍尔效应

quantum tunneling 量子隧穿效应

RFID 无线射频识别器件

sapping 基蚀

self-phase modulation 自相位调制

self-referencing 自参考技术

soliton 孤子

substitution weighing 替换称量法

supercontinuum, SC 超连续谱

surface runoff 地表径流

Selam 塞拉姆

Spirit 勇气号

total internal reflection fluorescence, TIRF

全内反射荧光技术

Taung Child 汤恩幼儿

Viking 海盗号

watt balance 瓦特平衡法 / 瓦天平

wavelength channel 波长信道

wind-borne dust 风载尘

化学、生物、医学

artificial neural network, ANN 人工神经网络

biodiesel 生物柴油

bladder carcinoma 膀胱癌

bone cement 骨水泥

breast carcinoma 乳腺癌

Bacillus thuringiensis 苏云金杆菌

Beagle 比格犬

Broca's region 布洛卡区

computed tomography, CT

计算机断层成像技术

cytochrome oxidase, CO 细胞色素氧化酶

Coelophysis bauri 虚形龙

Combined DNA Index System, CODIS

联合 DNA 检索系统

Escherichia coli 大肠埃希菌

fall armyworm 秋天行军虫

familial advanced sleep phase syndrome

家族性睡眠状态提前综合征

fibroblast 纤维原细胞

fusion cell 融合细胞

granulocyte colony stimulating factor

粒细胞集落刺激因子

graphene 石墨烯

gypsy moth 舞毒蛾

hamster 仓鼠

hemolymph 血淋巴

ibuprofen 布洛芬

interleukin-2, IL-2 白细胞介素-2

lithium cobalt oxide 氧化钴锂

locus 基因座

lunate sulcus 月状沟

lymphoma 淋巴瘤

macadamia nut 澳大利亚坚果

metastatic tumor 转移性肿瘤

mouth cancer 口腔癌

multiple myeloma 多发性骨髓瘤

multiple sclerosis 多发性硬化症

mechanoreceptor 机械感受器

melanoma 黑素瘤

mesothelioma 间皮瘤

M13 bacteriophage M13 噬菌体

neutrophil 嗜中性粒细胞

nonsteroidal anti-inflammatory drugs, NSAIDs

非甾体类消炎药

occipital region 枕区

oncomodulin 癌调蛋白

osteosarcoma 骨肉瘤

ovary 卵巢

pentacene 并五苯

piroxicam 吡罗昔康

polyester urethane urea 聚氨酯尿素

prostate carcinoma 前列腺癌

prosthetics 弥补术

receptive field 感受野

selenium 硒

septicemia 败血症

short tandem repeats, STR 短串联重复序列

somatosensory system 躯体感觉系统

Spodoptera frugiperda 草地贪夜蛾

tannin 丹宁酸

transcranial magnetic stimulation, TMS

经颅磁刺激技术

trigeminal system 三叉神经系统

ventral posterior medial nucleus, VPM

腹后内侧核

机构名

American Civil Liberties Union

美国公民自由联盟

Competitive Enterprise Institute

竞争性企业协会

Comprehensive Nuclear Test Ban Treaty

Organization 全面禁止核试验条约组织

The Gerald P. Murphy Cancer Foundation

杰拉德·P·墨非癌症基金会

United Nations Development Program

联合国开发计划署

书刊电影

An Inconvenient Truth 《难以忽视的真相》*Bowling Alone* 《一个人打保龄》*Postcards from Mars* 《来自火星的明信片》*Religion & Society* 《宗教与社会》杂志*Sacred and Secular* 《神圣与世俗》*Who Really Cares* 《谁真的在乎》*The Cultural Animal: Human Nature, Meaning, and Social Life*

《文化动物：人性、含义和社会生活》

美丽 从这里开始...

Monte Napoleone上衣
¥ 1050.00



M4001包

产地: 美国

¥ 1099.00

M4003包

产地: 美国

¥ 1299.00

ushop.cn

登陆www.ushop.cn网站查询更多品牌服饰

EPSON
EXCEED YOUR VISION

辞旧迎新

“旧机折价换新机”，
CX5900彩色喷墨一体机，
任何厂牌都能换！仅限
2000台，黑白激光机可折
人民币**800元**！



世纪绚丽防水耐光墨

新年换新机，旧打印机怎么处理？商务全能搭档CX5900帮您搞定！它集彩色打印、复印和扫描于一体，独创的DURABrite Ultra世纪绚丽防水耐光墨，长久隔绝水、紫外线、臭氧等物质，即使在普通复印纸上也可以实现高品质打印，配合四色分体墨盒、超高速打印、独立插卡打印等超强本领，一机在手即可解决诸多办公难题。从2006年12月1日至2007年2月28日，不论任何厂牌、型号、损坏程度的打印机，皆可折价换购原价人民币1880元的CX5900彩色喷墨一体机！黑白/彩色激光机折价人民币800元，其他类单功能打印机折价人民币500元。全国限量2000台，每人限换购2台，只需拨打活动热线800-810-9977转9，我们为您上门服务！

上述活动期间，更多惊喜在这里：

- 买EPSON STYLUS CX5900彩色喷墨一体机再加买VIP耗材套装包—即可享有两年免费上门服务
- 前2000名注册用户再送《世界经理人》文摘一年

(详情请见爱普生网站)

爱普生(中国)有限公司 <http://www.epson.com.cn>
北京市东城区金宝街89号金宝大厦7层 邮编:100005

敬请光临以下爱普生映像馆，感受我们带给您的全新产品和应用方案：

北京爱普生映像馆	电话: 010-82696006	02696010
上海爱普生映像馆	电话: 021-64273707	
广州爱普生映像馆	电话: 020-87511200	
成都爱普生映像馆	电话: 028-85484277	85484177
沈阳爱普生映像馆	电话: 024-83992267	83992843

如何获得“中国最佳商务伙伴”奖项

- 获奖企业，需经用户投票评选
- 获奖企业，需经用户投票评选
- 获奖企业，需经用户投票评选



活的色彩

优墨科技



爱普生商务一体机系列
全能好搭档



EPSON STYLUS CX5900
彩色喷墨一体机
建议零售价: RMB1880元